

- 1 El riachuelo Tøsbæk/Spånbæk en Dybvad: bancos de desove, concentradores de corriente, corte de hierbas acuáticas
- 2 Estación de bombeo en Gjøl: paso para anguillas
- 3 El arroyo de Løkerfeld en Østrup: presas → relleno, bancos de desove
- 4 El arroyo Storå en Holstebro: relleno de desvío
- 5 El arroyo de Idum en Idum: curso nuevo
- 6 El arroyo de Rind en Herning: curso nuevo, eliminación de ocre
- 7 El río Gudenå en Langå: banco de desove
- 8 El arroyo Lilleå en Hadsten: presas → relleno, bancos de desove, relleno de desvío, concentradores de corriente
- 9 El riachuelo Lammebæk en Daugård: láminas montadas en las tuberías
- 10 El riachuelo Kvak Møllebæk en Skibet: rellenos de desvío, bancos de desove
- 11 El arroyo de Brede en Løgumkloster: curso nuevo, elevación del nivel del agua, vegas, eliminación de ocre
- 12 El arroyo de Brede en Bredebro: presas → relleno
- 13 El arroyo de Odense en Ejby Mølle, Odense: presas → relleno; proyecto prehistórico
- 14 El arroyo de Odense en el «Hipocampo», Odense: presas → relleno, bancos de desove, proyecto prehistórico
- 15 El arroyo de Lindved en Hollufgård, Odense: curso nuevo, proyecto prehistórico, lagos, colectores de arena
- 16 El riachuelo de Holmehave en Borreby Mølle, Odense: curso nuevo, bancos de desove, proyecto prehistórico
- 17 El arroyo de Esum que surge en el lago de Esum: bancos de desove, concentradores de corriente, estrechamiento del arroyo
- 18 El arroyo de Græse en Frederikssund: presas → relleno; escala pesquera
- 19 El arroyo Store Vejleå cerca de Glostrup: curso nuevo, eliminación de baldosas, bancos de desove, concentradores de corriente
- 20 El arroyo de Køge en Lellinge: recolector de arena
- 21 El arroyo de Køge en Bjæverskov: rellenos, concentradores de corriente
- 22 El arroyo Suså en Holløse Mølle, Skelby: presas → relleno, proyecto prehistórico
- 23 El arroyo Lilleå en Kongsted: eliminación de tubería, vegas
- 24 El riachuelo Søbæk en Nekso: curso nuevo, lagos, recolector de arena

3

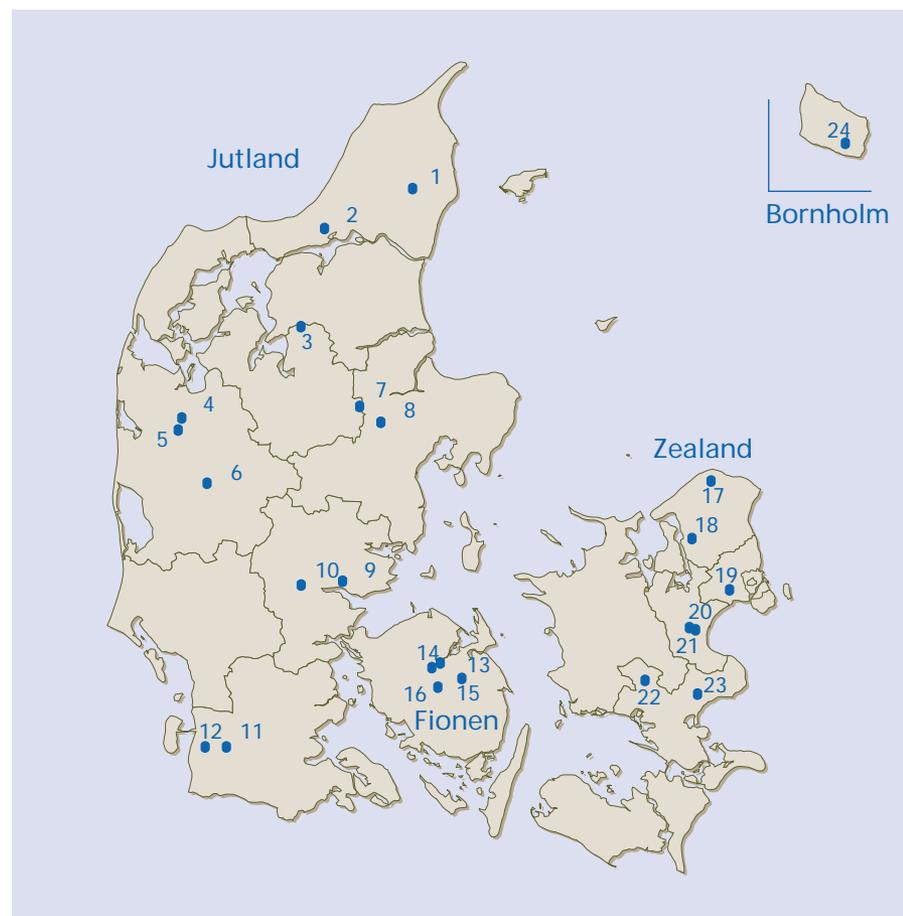
Ejemplos de provincias danesas

Editor:
Hans Ole Hansen

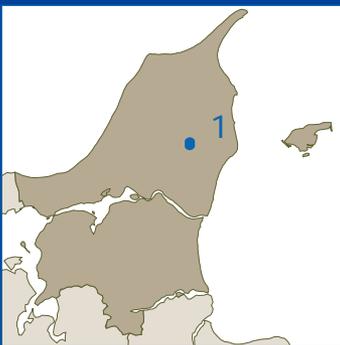
Proyectos concluidos de restauración de arroyos

La totalidad de las 14 provincias danesas y muchos de los municipios han llevado a cabo una amplia variedad de proyectos de rehabilitación de arroyos durante la última década, desde la simple colocación de piedras grandes hasta proyectos de mayor envergadura, restableciendo meandros en los arroyos, incluyendo a todas sus vegas.

En el presente capítulo, los colaboradores de 12 provincias describen 24 proyectos de rehabilitación de arroyos realizados en distintas partes del país. Estos ejemplos ofrecen una buena visión de la variedad de soluciones y métodos aplicados para mejorar los arroyos y su medio ambiente.



Ubicación geográfica de los 24 ejemplos descritos.



3.1

Provincia de
Nordjylland

Niels Sloth
Jens Berthelsen
Hans Heidemann Lassen

El riachuelo Tøsbæk/ Spånbæk en Dybvad

Cuenca:

Arroyo de Voer

Introducción al proyecto

Voer es un arroyo relativamente caudaloso en Vendsyssel, que desemboca en Kattegat. Hasta 1980 el riachuelo Tøsbæk/Spånbæk, que es un afluente del arroyo de Voer, era un canal de drenaje fuertemente encauzado con un declive pequeño del 0,5 a 1,6‰ en casi todos su recorrido. El riachuelo Tøsbæk tenía un ancho de hasta 3 metros y una vegetación uniforme de hierbas acuáticas, especialmente platanarias. El riachuelo Spånbæk tenía un ancho de 1 a 2 metros y se encontraba fuertemente canalizado. El mantenimiento de los arroyos consistía en una práctica tradicional, es decir que cortaban las hierbas acuáticas en todo el ancho del arroyo y en las orillas, se sacaban las raíces de los árboles y piedras grandes y se realizaban frecuentes dragados. El lecho del arroyo consistía en sedimentaciones finas debido a la corriente lenta.

Objetivo del proyecto

En 1976 el Consejo de Fomento de Actividades al Aire Libre solicitó a la Provincia de Nordjylland su participación en la elaboración de un proyecto sobre mantenimiento ecológico y restablecimiento de la población de peces en la cuenca del arroyo de Voer. Por una serie de factores el arroyo de Voer y sus afluentes ofrecían buenas posibilidades: se había mejorado esencialmente la calidad del agua, entre otros motivos porque se había reducido fuertemente una serie de descargas, no existían pisciculturas, había solamente cantidades limitadas de aguas residuales urbanas no purificadas y pocas represas. Además, aunque partes de la corriente principal y de sus afluentes estaban fuertemente regularizadas, gran parte del tramo superior de los afluentes permanecían intactas, ofreciendo buenas condiciones para la fauna.

En colaboración con una serie de organismos estatales la Provincia elaboró en 1978 un borrador para un proyecto destinado a restaurar aprox. 3 kilómetros del riachuelo Tøsbæk/Spånbæk y aprox. 1 kilómetro del arroyo de Voer para mejorar la calidad del arroyo, conservándose las buenas condiciones de desagüe. Las medidas contempladas comprendían el establecimiento de concentradores de corrientes, bancos de cascajos y de piedras, refugios artificiales para los peces, un cambio del mantenimiento por una práctica más favorable al medio ambiente y una vegetación que ofreciera sombra. El

borrador de este proyecto fue aprobado por el Consejo Provincial en 1978.

Implementación del proyecto

Para la planificación detallada del proyecto y la coordinación del trabajo práctico se formó un comité de proyecto con la participación de un ingeniero especializado en hidráulica y un biólogo. En septiembre de 1979 la Comisión de Agricultura aprobó el proyecto. Algunos de los propietarios ribereños afectados apelaron la decisión ante la Comisión Suprema de Agricultura, que no se pronunció en favor del proyecto hasta el mes de julio de 1980. El trabajo de restauración fue implementado tres meses después y se concluyó a fines de 1993.

El trabajo de restauración fue realizado parte por el personal de campo del Consejo provincial y parte por un equipo de jóvenes que participaban en un proyecto de activación de parados.

Estudios de impacto en conexión con el proyecto de restauración

En 1979 se elaboraron estudios preliminares detallados, que comprendían análisis de las condiciones físicas, químicas y biológicas. Además, se elaboró en 1981 un informe detallado de bibliografía basado en la literatura internacional existente respecto a la ecología de los ríos y su restauración.

Después de haberse concluido la restauración, se realizaron estudios profundos del impacto de las diferentes



medidas adoptadas. Se elaboró un informe cuya conclusión principal era que la calidad medioambiental de los tramos del arroyo había mejorado esencialmente, sin que estas medidas deterioraran la capacidad de desagüe del mismo. La densidad de salmónidas se ha incrementado 4 a 5 veces, registrándose desove de truchas tanto de mar como de arroyos en los bancos.

Los estudios revelaron, además, que ni los bancos de cascajos establecidos ni los concentradores de corriente han tenido gran efecto sobre la capacidad de desagüe, y que el mantenimiento moderado conlleva mejoras esenciales de la calidad del arroyo. Lo mismo ocurre en los tramos donde la única medida adoptada ha sido un cambio de la práctica de mantenimiento. Este mantenimiento tampoco tiene un impacto negativo sobre el caudal, que incluso ha mejorado en tramos en que se cortan las hierbas con más frecuencia. Donde el canal de la corriente es angosto, el lecho se lava quedando libre de fango debido a la corriente más fuerte.

Experiencias cosechadas

Se sigue practicando un mantenimiento favorable al medio ambiente y sigue habiendo un canal sinuoso de la corriente sin sedimento fangoso. Los árboles (aliso

Un mantenimiento favorable al medio ambiente en el riachuelo Tøsbæk/Spånbæk.

Datos relativos al proyecto:

Organo responsable:	La Provincia de Nordjylland
Contratista:	La Provincia de Nordjylland
Inicio del proyecto:	Octubre de 1980
Término del proyecto:	Diciembre de 1983
Costes totales:	DKK 332.000 + estudios y administración (inclusive IVA)
Financiación:	La Provincia de Nordjylland y los Municipios de Dronninglund y Sæby

Datos relativos al arroyo (el riachuelo Tøsbæk/Spånbæk y el arroyo de Voer):

Superficie de desagüe:	23 / 121 km ²
Desagüe:	
Máximo:	2.280 / 12.100 lt./seg.
Mínimo:	79 / 436 lt./seg.
Objetivos de calidad:	B1 (Areas de desove y cría de salmónidas) B2 (Areas salmónidas)
Grado de contaminación:	I, II (1991)

Datos relativos a la restauración:

Coordenadas:	57°17'N 10°23'E
Concentradores actuales:	22
Bancos de cascajos:	14
Declive:	0,5 – 3,3‰
Refugios de peces:	45
Bancos de desove colocados:	14 bancos
Piedras colocadas:	10 bancos
Vegetación:	1.500 árboles

común) han crecido bien y ahora sus raíces estabilizan las cuestas, ofreciendo junto con la vegetación muy diversificada buenos refugios para los peces. Los concentradores de corriente, los refugios de los peces y los bancos de piedras son ahora prácticamente invisibles en el riachuelo Tøsbæk/Spånbæk, dado que el curso del arroyo se ha modificado, en tanto que en el arroyo de Voer siguen siendo visibles y funcionales. En algunos lugares los bancos de desove se han llenado de arena, en tanto que en otros continúan visibles y utilizables para las salmónidas. La densidad de salmónidas mantiene el buen nivel que alcanzó poco después de haberse concluido la restauración original.

Este proyecto era uno de los primeros de este tipo en Dinamarca e influyó en el debate y la formulación de las medidas de restauración de la nueva Ley de Arroyos de 1982. En la actualidad, el proyecto es un buen ejemplo de lo que se puede alcanzar a través de un mantenimiento medioambientalmente favorable practicado por personas debidamente capacitadas. Mediante un mantenimiento moderado y plantación puede lograrse en muchos casos la misma diversidad física que se obtiene a través de medidas más radicales (concentradores de corriente, refugios artificiales para los peces y bancos de piedras).



3.2

Provincia de
Nordjylland

Niels Sloth
Jens Berthelsen
Hans Heidemann Lassen

La estación de bombeo en Gjøl

Cuenca:

Fiordo Limfjorden

Introducción al proyecto

La estación de bombeo de Gjøl drena el agua hacia el fiordo Limfjorden de una superficie de desagüe de aprox. 12 km² de tierras bajas separadas del fiordo por un dique. Se saca agua de aprox. 150 kilómetros de zanjas de drenaje y de un número desconocido de arroyos privados y municipales, estimado a aprox. 200 kilómetros en total.

El área es conocida por una excelente población de anguilas, pero la estación de bombeo obstruye totalmente el paso de las anguilas y demás peces. No ha sido posible establecer un paso para las anguilas de forma normal, dado que el nivel del agua dentro del dique es inferior al circundante.

Las zanjas de drenaje y las corrientes que llevan a la estación de bombeo tienen una producción orgánica grande. El objetivo en cuanto a la calidad de sus aguas corresponde a la categoría B3 – áreas ciprínidas. Sin embargo, las partes superiores de algunas de las corrientes de la cuenca del arroyo de Tranum alcanzan sólo la categoría B1/B2 – áreas salmónidas.

Objetivo del proyecto

El Municipio de Brovst se dirigió en 1992 a la Provincia de Nordjylland para enterarse de las posibilidades de establecer un paso de peces entre Limfjorden y las corrientes de agua detrás de la estación de bombeo. La Provincia participó en el proyecto, juzgando que debía haber buenas posibilidades para la cría de alevines de anguilas en los arroyos.

Estimaban que sería posible lograr un incremento de aprox. 9,3 g anguila por m² por año. Cuando las anguilas migraban al fiordo podían capturarse en los canales p.ej. en garlitos.

Implementación del proyecto

El proyecto se estableció en otoño de 1992. Se elaboró un borrador para un proyecto de un paso de anguilas, el cual se remitió al Ministerio de Agricultura y Pesca, que lo aprobó. El Municipio de Brovst también recomendó el proyecto por un período de prueba de tres años, lográndose establecer un acuerdo con la asociación de dueños del dique relativo al establecimiento del paso.

El agua del canal interior de la bomba de un nivel inferior se bombea a un pozo de distribución (55 lt./min). De allí la mitad del agua pasa al canal exterior de la bomba por un tubo lleno de cintas plásticas ligeramente entrelazadas, diseñadas para dejar paso a las anguilas (ver diagrama). Este agua sirve de corriente guía o «cebo» y hace subir a los alevines de las anguilas al pozo de distribución. La

mitad restante del agua pasa por un tubo desde el fondo del pozo de distribución volviendo al canal interior y arrastra al arroyo a los alevines de las anguilas guiadas al pozo de distribución. El citado tubo termina en una caja de captura con una pequeña trampa de anguilas. Las bombas y el paso de anguilas funcionan de abril a septiembre, que es el período de migración de las anguilas.

Dado que se trataba de un sistema teórico, se establecieron para probarlo dos sistemas piloto – uno a cada lado del canal que conduce al agua desde la estación de bombeo hasta el fiordo.

Estudios de impacto en conexión con el proyecto de restauración

Las bombas entraron en función por primera vez en abril de 1993. La caja de captura se vaciaba una o dos veces por semana en los años 1993 y 1994. Las anguilas que podían pasar por las mallas de 2 mm de la red de la trampa no se registraron (a partir de 1995 la red de mallas de 2 mm será sustituida por una de mallas de 1 mm). Se capturaron cuatro anguilas en 1993, que probablemente habían entrado por casualidad, en tanto que en 1994 no se capturó ninguna.

El motivo de este mal resultado parece ser que la corriente guía no tenía la fuerza necesaria y/o que la diferencia de salinidad del área no es suficiente para que las anguilas puedan encontrar el canal de bomba exterior, que desemboca en un área de agua salobre con una esclusa de

crecida. Además, la esclusa estaba cerrada durante la mayor parte del verano de 1994 debido al tiempo seco, por lo cual no ha habido conexión entre el fiordo y el canal.

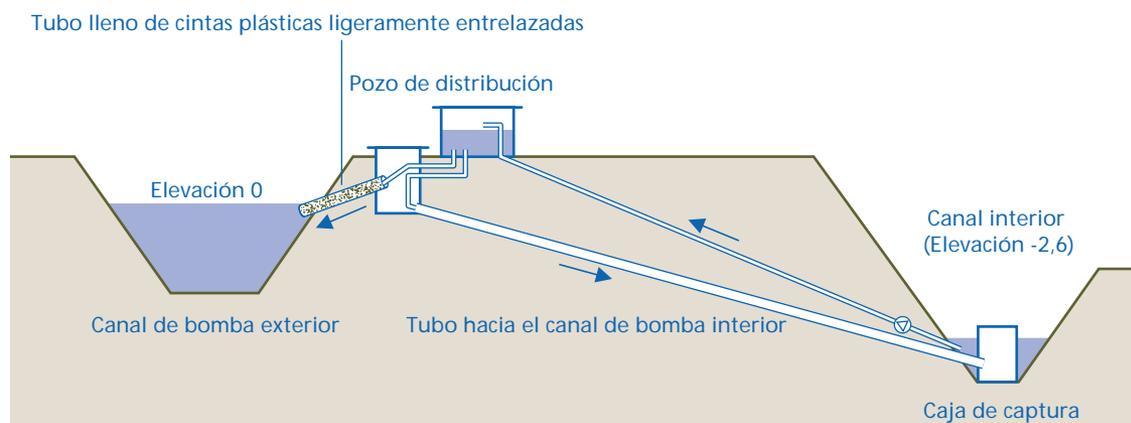
Se han realizado a intervalos regulares mediciones de salinidad que revelan diferencias de entre un 2 al 4‰ entre el agua bombeado del canal interior y la del canal exterior. En un momento durante el verano de 1994 el agua bombeada tenía una salinidad superior a la del agua de superficie del canal exterior. Esto se debe a una estratificación de la densidad en los canales interiores debido a la penetración de agua salada al fondo de los canales, de donde la bomba sacaba el agua. En consecuencia, se estableció en la bomba una toma de agua dulce de superficie.

Experiencias cosechadas

Los estudios del impacto han revelado que el paso de anguilas todavía no funciona de la manera prevista. El período piloto se prolonga y se efectuarán modificaciones durante el mismo.

Se realizarán estudios de la población de peces para averiguar si realmente existen anguilas en el canal de bombeo exterior, o si es que el paso de anguilas simplemente no funciona. Además, se estudiará si hay anguilas dentro de los diques. Una alternativa al citado paso sería repoblar de anguilas el tramo directamente detrás de la estación de bombeo.

Corte transversal de la estación de bombeo del fiordo Limfjorden.



Datos relativos al proyecto:

Organo responsable:	La Provincia de Nordjylland
Contratista:	La Provincia de Nordjylland
Inicio del proyecto:	1992
Término del proyecto:	1996
Costes totales:	DKK 40.000 inclusive IVA
Financiación:	La Provincia de Nordjylland

Datos relativos al arroyo:

Coordenadas:	57°04'N 9°44'E
Superficie de desagüe:	12 km ²
Desagüe:	
Máximo:	1.200 lt./seg.
Mínimo:	0 lt./seg.
Objetivos de calidad:	B3 (Áreas ciprínidas) B1 (Áreas de desove y cría de salmonidas) B2 (Áreas salmonidas)
Grado de contaminación:	II-III-(II) (1991)



3.3

Provincia de Viborg

Rolf Christiansen

El arroyo de Lerkenfeld en Østrup

Cuenca:

Arroyo de Lerkenfeld

Introducción al proyecto

El arroyo de Lerkenfeld nace en la Provincia de Nordjylland, de donde corre hacia el oeste desembocando en el fiordo Limfjorden. El arroyo está ubicado en un valle estrecho con numerosos manantiales dentro de las vegas a lo largo de todo el arroyo. Las tierras adyacentes al tramo en cuestión han sido identificadas como un área potencialmente afectada por ocre. El tramo fue canalizado a fines de la década de 1950, estableciéndose siete presas en el arroyo. Desde un punto de vista agrícola la canalización no fue exitosa, ya que las áreas ribereñas sólo fueron cultivadas durante pocos años, para luego volver a su estado anterior de vega. En el tramo en cuestión el arroyo es relativamente profundo con un lecho arenoso uniforme. En su parte inferior hay una piscicultura con una escalera pesquera, que debe estar en servicio de octubre a febrero todos los años.

Objetivo del proyecto

Como parte del trabajo general de eliminación de obstrucciones, las Provincias de Viborg y Nordjylland se encuentran en el proceso de dismantelar las siete presas citadas para mejorar el paso hacia los tramos superiores, destinados a áreas de desove. Cuatro de estas presas se encuentran localizadas en tramos contiguos a puentes y otras construcciones. Estas presas fueron eliminadas en 1994 con la colocación de una mezcla de piedras, en su mayoría, de gran tamaño. En otra de las presas de hormigón la caída de la superficie del agua era de tan sólo aprox. 25 cm, por lo cual se pudo dismantelar sin refuerzo alguno. No se ha registrado en este tramo ninguna erosión de importancia en fechas posteriores.

Al eliminar dos de las siete presas se realizó un estudio de las posibilidades de establecer rellenos estables y bancos de desove mediante la simple técnica de usar diferentes tamaños de cascajos para los bancos de desove. Al mismo tiempo, los rellenos debían construirse de forma tal, que se mantuviera el nivel del agua en los tramos que llevaban a las presas. Los apartados siguientes se refieren exclusivamente a las experiencias de este estudio.

Implementación del proyecto

En diciembre de 1993 las dos presas se convirtieron en bancos de desove. Ya que había riesgo de descargas de ocre si bajaba el nivel del agua en la parte superior del arroyo, los bancos de desove se establecieron en forma de substrato con una inclinación uniforme, de manera que el punto superior del banco correspondía al nivel del borde superior de la presa anterior.

Los cascajos de desove se esparcieron en una longitud de 35 metros. En el tramo inferior contiguo al banco de desove se estableció un perfil transversal de 10 metros de piedras del tamaño de un puño para estabilizar el banco. El perfil se encuentra a un nivel aprox. 15 cm debajo de la parte superior del banco de desove. Para proteger las cuestas contra erosión justo después del establecimiento del banco, se colocaron también cascajos de desove a lo largo de las riberas frente al mismo.

Los costes de construcción de los dos bancos de desove ascendieron a aprox. DKK 100.000 más IVA, lo cual representa menos de la mitad de los costes estimados para una solución más tradicional.

Experiencias cosechadas

Desde un punto de vista de estabilización se había esperado que con los dos nuevos



rellenos iban a formarse gran re-sedimentación de material durante períodos de mucho desagüe. El invierno de 1993/94 fue muy húmedo, lo cual también se reflejaba en el desagüe del arroyo.

Después del período de desagüe de este invierno, la Provincia de Viborg volvió a realizar mediciones de uno de los bancos de desove, comprobándose que se había producido tan sólo una erosión limitada en los 25 metros inferiores del banco. Los 10 metros superiores permanecían inalterados. Esto coincide con las evaluaciones visuales de las condiciones de la corriente por encima del banco. En la parte superior del mismo la velocidad del agua acelera, pero no alcanza a provocar erosión de cascajos hasta haber llegado a una parte inferior del banco de desove.

En cambio, el cascajo de desove colocado en las riberas del arroyo sufrió una erosión fuerte, especialmente en el lado derecho del mismo, formando un banco nuevo de desove aprox. 5 metros aguas abajo del primero y una hondonada entre los dos.

Una de las presas del arroyo de Lerkenfeld antes de la restauración (izq.).

Un relleno de reciente construcción (der).



Datos relativos al proyecto:

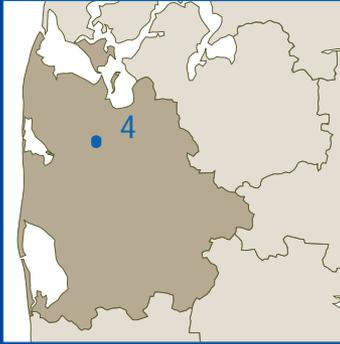
Organo responsable:	La Provincia de Viborg
Contratistas:	La Provincia de Viborg y Agroplan aps
Inicio del proyecto:	Diciembre de 1993
Término del proyecto:	Diciembre de 1993
Costes totales:	DKK 120.000 (exclusive IVA)
Financiación:	La Provincia de Viborg, la Provincia de Nordjylland y la Dirección General del Medio Ambiente de Dinamarca

Datos relativos al arroyo :

Superficie de desagüe:	85 km ²
Desagüe:	
Medio:	950 lt./seg.
Máximo (10 años):	6.300 lt./seg.
Mínimo:	520 lt./seg.
Objetivos de calidad:	B1 (Areas de desove y cría de salmónidas)/ B2 (Areas salmónidas)
Grado de contaminación:	II-III (1992)

Datos relativos a la restauración:

Coordenadas:	56°46'N 9°30'E
Longitud:	45 m
Ancho:	8 m
Declive:	2‰
Caudal:	> 6.300 lt./seg.
Cascajos de desove colocados:	110 m ³
Piedras colocadas:	60 m ³



3.4

Provincia de Ringkjøbing

El arroyo Storå en Holstebro

Per Søby Jensen

Cuenca:

Arroyo Storå

Introducción al proyecto

En 1942 se construyó una central hidroeléctrica cerca de la ciudad de Holstebro. El arroyo Storå fue embalsado para suministrar electricidad a los habitantes de la zona. Pero esto obstaculizaba el libre paso de los peces a las dos terceras partes superiores del arroyo Storå. Aunque fue construida una escala pesquera junto con la central hidroeléctrica y a pesar de su reforma posterior, dicha escala tuvo sólo un efecto muy limitado.

El embalse de la central hidroeléctrica impidió totalmente el paso del lavareto, una salmónida que migra hacia el arroyo Storå en grandes cantidades para desovar. Era evidente que el lavareto no podía pasar por la antigua escala pesquera. Cuando los lavaretos subían en los meses de noviembre y diciembre por el arroyo Storå intentando llegar a los bancos de desove, se los podían observar en grandes cardúmenes detenidos inmediatamente debajo de la central hidroeléctrica.

Objetivo del proyecto

Debido al mal funcionamiento de la escala pesquera, la Provincia de Ringkjøbing decidió mejorar las condiciones de paso por la central hidroeléctrica. Estableciendo un relleno de desvío a la altura de la central, prácticamente todas las especies de peces deberían poder pasar la citada obstrucción, asegurándose así el libre paso de los peces a las dos terceras partes superiores de la cuenca de Storå.

Implementación del proyecto

El nuevo paso pesquero se construyó en forma de un relleno de piedras de una longitud de 655 metros, que nivela una diferencia de altura de aprox. 5 metros (véase diagrama). De esta manera se asegura una corriente lo suficientemente lenta para que todas las especies de peces puedan pasar por la central hidroeléctrica. Además, se establecieron en el relleno seis estanques de descanso y se colocaron cascajos de desove en algunos tramos, de manera que también sirvieran como zonas de desove y cría de los peces. Asimismo, se colocó una alambra guía aguas abajo de

la salida de la turbina para guiar a los peces hacia el paso.

Estudios de impacto en conexión con el proyecto de restauración

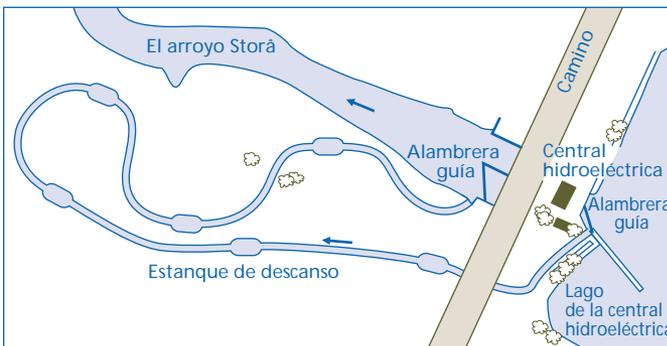
Después de haberse construido el relleno se nombró un equipo de seguimiento, encargado de estudiar con regularidad el funcionamiento del relleno y decidir modificaciones eventuales necesarias del desagüe y la forma del relleno. Este equipo de seguimiento está compuesto por representantes del Municipio de Holstebro, la Provincia de Ringkjøbing y el Laboratorio de Pesca en Aguas Dulces bajo el Ministerio de Agricultura y Pesca.

El equipo de seguimiento inició una investigación para averiguar si los peces hacían uso del relleno de desvío y, en caso afirmativo, de qué especies se trataba y, especialmente, estudiar en qué medida depende el paso de los peces del caudal por encima del relleno. Además, se estudió la eficacia de los cascajos de desove colocados.

Partiendo de los resultados de dicha investigación se puede concluir que los peces hacen uso del relleno y que todas las especies que habitan la cuenca de Storå pueden pasarlo. Además, basándose en las capturas relativamente grandes de una serie de especies, entre ellas 4.695 lavaretos, se puede concluir que los peces que desean subir por el arroyo pueden encontrar el relleno y servirse de él. No obstante, es requisito que el caudal sobre el relleno varíe periódicamente de acuerdo con las necesidades individuales de cada especie.

Caudal óptimo para el paso de peces.

1.000 lt./seg.	400 lt./seg.	Caudal no decisivo	No determinado
Lucio	Gobio	Acerina	Lamprea de río
Perca	Pardilla	Anguila	Lamprea marina
Salmón		Bremo	Tenca
Steelhead		Cachuelo	Trucha arcoiris
Trucha de mar		Lavareto	Trucha común
		Platija	
		Tívalo	



Los salmones y timalos han desovado con éxito en los tramos de desove establecidos en el relleno, aunque no ha sido posible determinar su volumen.

Experiencias cosechadas

La nueva práctica de operación del relleno con variaciones del caudal toma en cuenta tanto los requisitos individuales de cada especie respecto al caudal como los cambios en las pautas de migración de las especies, consecuencia de las condiciones de desagüe en el arroyo Storå.

Se puede constatar que la alambarrera guía debajo de la salida de la turbina es de gran importancia para la posibilidad de las truchas de mar, lavaretos, salmones y steelheads de encontrar el relleno. La distancia entre los hilos de la alambarrera no debe ser superior a 20 mm.

Es de notar que los caudales grandes y la operación de la compuerta, que aparentemente oculta total o parcialmente la corriente guía del relleno, no tienen efecto negativo sobre las condiciones de paso.

Foto aérea y plano del relleno de desvío en la central hidroeléctrica de Holstebro.

Datos relativos al proyecto:

Organo responsable:	La Provincia de Ringkjøbing
Contratista:	El Servicio Danés de Desarrollo del Suelo
Inicio del proyecto:	Octubre de 1989
Término del proyecto:	Diciembre de 1989
Costes totales:	DKK 1.300.000 (inclusive IVA)
Financiación:	La Dirección General del Medio Ambiente (DKK 800.000) La Provincia de Ringkjøbing (DKK 250.000) El Municipio de Holstebro (DKK 250.000)

Datos relativos al arroyo :

Superficie de desagüe:	725 km ²
Desagüe:	
Medio:	8.900 lt./seg.
Máximo (10 años):	30.600 lt./seg.
Mínimo:	2.500 lt./seg.
Objetivos de calidad:	
Parte inferior:	B1 (Áreas de desove y cría de salmonidas)
Parte superior:	A (Áreas de especial interés científico)
Grado de contaminación:	I-II

Datos relativos a la restauración:

Coordenadas:	56°22'N 8°38'E
Longitud total:	655 m
Diferencia de altura nivelada:	5,3 m
Inclinación en relleno:	10‰
Inclinación en bancos de desove:	4‰
Número de bancos de desove:	3 de 20 m c/u
Número de estanques de descanso:	6
Tuberías debajo del camino:	29 m
Ancho del lecho en relleno:	2,75 m
Cantos rodados para descanso:	980
Cascajos de desove:	50 m ³
Relleno de piedras para elevación:	1.025 m ³
Caudal octubre-mayo:	1.000 lt./seg. (día y noche)
Caudal junio-septiembre:	400 lt./seg. (día) 1.000 lt./seg. (noche)



Cuenca:

Arroyo Storå

Introducción al proyecto

Prácticamente todo el arroyo de Idom, que es un afluente del Storå, fue declarado territorio vedado en 1985 en conexión con lo cual se cerró una serie de pisciculturas. Un tramo en la parte inferior a una de estas había sido canalizado en un momento anterior para asegurar el drenaje del establecimiento. Este tramo no ha sido objeto de mantenimiento desde 1987.

3.5

Provincia de Ringkjøbing

Per Soby Jensen

El arroyo de Idom en Idum

Objetivo del proyecto

En 1990 se decidió que 280 metros de la corriente canalizada debería volver a su curso sinuoso original, llegando así a una longitud de 570 metros.

Era en el departamento paisajístico de la Provincia donde surgió la idea. La intención era restaurar el tramo y restablecer su curso original, para cumplir los objetivos tanto estéticos como de calidad del arroyo.

Dado que no se habían cortado las hierbas acuáticas ni dragado desde el cierre de la citada piscicultura en 1985 hasta la implementación de la restauración en 1990, el tramo había empezado a formar meandros en el perfil de corriente demasiado ancho. Así que ya se estaba formando un canal de corriente sinuoso y las condiciones físicas ya eran más variadas. En algunos lugares, la sedimentación de arena había desaparecido dejando un lecho de cascajos. Por lo tanto, las condiciones requeridas para la buena calidad de un arroyo en cuanto a cuevas sobresalientes, hondonadas profundas y áreas de elevación de poca profundidad con lechos de cascajos podían probablemente haberse restablecido con dejar que el tramo del arroyo se desarrollase por sí solo. En consecuencia, hubo extensos debates sobre la conveniencia de dejar que las propias fuerzas de la Naturaleza desarrollaran el tramo hacia un resultado aceptable previsto.

En la gran mayoría de los casos tal restauración natural de tramos canalizados de arroyos es de preferir desde un punto de vista financiero. La desventaja es, sin embargo, que faltaría por muchas décadas el valor estético que representa para el paisaje un arroyo que discurre de forma sinuosa a lo largo de la cuenca. Excavando los antiguos meandros el resultado es visible en un

momento más temprano, pero las obras de construcción necesarios resultan casi siempre relativamente costosas.

Implementación del proyecto

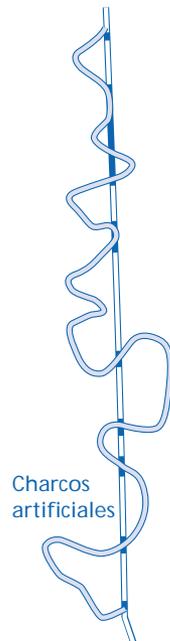
Resultó relativamente simple determinar el curso anterior del lecho del arroyo, dado que casi todos los meandros y áreas húmedas antiguas podían identificarse en fotos aéreas en forma de manchas oscuras en las vegas. Se esbozó un trazado preliminar de la corriente anterior en un mapa de escala 1:4.000. Con este mapa en mano resultó luego relativamente fácil localizar el curso exacto en las vegas. Realizando un sondeo con una barra de hierro se localizó el lecho de cascajos original y bien definido dentro de la corriente original, después de lo cual se pudo demarcar con palos la corriente «vieja» y futura.

El material para rellenar la cuenca anterior variaba de 0,5 a 1 metro de profundidad, consistiendo exclusivamente de material orgánico con un poco de arena desparramada sobre el lecho de cascajos fijo.

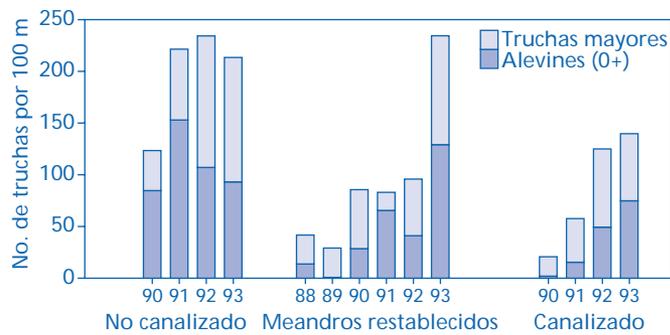
La mayor parte del material excavado se desparramó sobre los campos adyacentes como una especie de mejora del suelo y destinándose el remanente a cerrar los tramos completamente rectos en los lugares en que se cruzaban con el tramo meandriforme restablecido. Al dejar de rellenar todo el tramo canalizado del arroyo, se crearon varios charcos grandes y pequeños, que ahora benefician a los batracios, mamíferos y pájaros del área.

Estudios de impacto en conexión con el proyecto de restauración

El proyecto de restauración fue seguido con mediciones de electropesca en tres estaciones



Croquis del curso sinuoso establecido en el arroyo de Idom.



de una longitud de 100 metros. La estación No. 1 está localizada en un tramo inferior contiguo al tramo restaurado y nunca fue canalizado en tanto que la estación No. 2 está ubicada dentro del tramo canalizado y la No. 3 aguas arriba en un tramo que continúa canalizado (ver figura). Cabe observar que la electropesca de 1990 tuvo lugar inmediatamente antes de la restauración realizada en octubre y que la población de truchas en la estación No. 1 no ha sido objeto de estudios antes de 1990. Entre 1990 y 1991, el número de truchas en el tramo de 100 metros de la estación No. 1 casi se duplicó, para después mantenerse en una cifra constante de apróx. 225 truchas, lo cual corresponde a una densidad de aprox. 1 trucha por m². Este nivel representa probablemente la capacidad portadora de truchas correspondiente a la corriente en su forma no canalizada. También en la estación No. 2, la población de truchas aumentó de unas 25 truchas en un tramo de 100 metros en 1989 a aprox. 225 truchas en 1993. En la estación No. 3, la población de truchas subió de apenas 25 en 1990 a casi 150 en 1993.

En todas estas estaciones se ha logrado en un período de 3 años un porcentaje satisfactorio tanto de alevines provenientes de una reproducción natural como de truchas mayores de distintas generaciones.

Experiencias cosechadas

La diferencia que se registró en el desarrollo de la población de truchas en las estaciones No. 2 y No. 3 de 1990 a 1992 debe atribuirse sobre todo al desarrollo de las condiciones físicas de ambas estaciones. El tramo de la estación No. 3 había sido objeto de un mantenimiento severo hasta 1985 cuando se cerró la piscicultura y en consecuencia estaba

Número total de truchas en tres tramos de 100 metros cada uno en el arroyo de Idom durante los años 1988-93: Estación No. 1 – un tramo no canalizado en la parte inferior del arroyo; estación No. 2 – el tramo donde se restablecieron meandros; y la estación No. 3 – un tramo que continúa canalizado en la parte superior del arroyo.

afectado por la contaminación originada por dicho establecimiento. El desarrollo positivo registrado en la estación No. 3 es, por tanto, atribuible, en gran medida, a la eliminación del impacto negativo de la contaminación y a una mejora significativa de las condiciones físicas originada por un proceso de auto-depuración, resultado de la suspensión de las medidas de mantenimiento. En la estación No. 2, en cambio, la población tendía a mantener un nivel constante durante el mismo período, debido a que la restauración en sí frenó el desarrollo del arroyo durante un período, entre otros motivos porque las plantas necesitaban tiempo para repoblar el tramo y los bancos de cascajos para eliminar la sedimentación de arena.

En 1993, no obstante, la población de la estación No. 2 resultó considerablemente mayor que la de la estación No. 3; a pesar del

retraso, la restauración creó mejores condiciones físicas para la población de peces que las obtenidas en el tramo superior regulado por un proceso de auto-depuración. La población total de truchas en el tramo restaurado resulta, en consecuencia, 3 a 4 veces mayor que lo que podría esperarse, si dicho tramo hubiera sido solamente objeto de un proceso de auto-restauración como el que experimentó la estación No. 3. Sin embargo, a largo plazo se puede esperar que la densidad de truchas en los tramos restaurados y los auto-restaurados lleguen al mismo nivel.

Así que la restauración de los tramos del arroyo por un lado ha mejorado la población de truchas debido a las mejores condiciones físicas, y por otra parte ha duplicado la longitud y con ello el área, en comparación con las correspondientes al tramo anteriormente canalizado.

Datos relativos al proyecto:

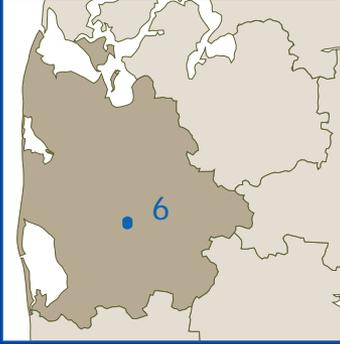
Organo responsable:	La Provincia de Ringkjøbing
Contratista:	La Provincia de Ringkjøbing
Inicio del proyecto:	Octubre de 1990
Término del proyecto:	Diciembre de 1990
Costes totales:	DKK 70.000 (exclusive IVA)
Financiación:	La Dirección General del Medio Ambiente

Datos relativos al arroyo :

Superficie de desagüe:	14 km ²
Desagüe:	
Medio:	180 lt./seg.
Máximo:	580 lt./seg.
Mínimo:	90 lt./seg.
Objetivos de calidad:	A (Aras de especial interés científico) B1 (Areas de desove y cría de salmónidas)
Grado de contaminación:	I-II, I

Datos relativos a la restauración:

Coordenadas:	56°20'N 8°30'E
Longitud:	280 568 m
Ancho:	4 → 1 m
Declive:	3 → 1,5%
Meandros:	0 → 15
Cascajos de desove colocados:	0 m ³
Piedras colocadas:	20
Tierra excavada:	500 m ³



3.6

Provincia de Ringkjøbing

El arroyo de Rind en Herning

Per Søby Jensen

Cuenca:

Río Skjern

Introducción al proyecto

A principios de la década de los 1940 se canalizó una parte del arroyo de Rind al sur de la ciudad de Herning para recuperar áreas de vega para cultivo. Esto junto con décadas de mantenimiento convirtió al arroyo en un canal sin meandros, con orillas uniformes y rectas que se prolongaban hasta un lecho casi horizontal, constituido principalmente por sedimentación de arena y fango.

No eran solamente las condiciones físicas las que obstaculizaron la variedad de especies y su densidad dentro del arroyo, sino también la calidad del agua.

El tramo en cuestión presentaba pruebas claras de la presencia de ocre procedente de dos yacimientos de lignito anteriores en la parte superior del arroyo. En consecuencia el pH era bajo y las concentraciones de hierro del agua excedían los valores límite permitidos.

Objetivo del proyecto

Debido al problema del ocre originado por los yacimientos de lignito en la parte superior del arroyo, se intentó diseñar el proyecto de forma tal que además de cumplir con los intereses de desagüe y las condiciones medioambientales, minimizara también los citados problemas causados por el ocre. En consecuencia, el objetivo del proyecto era restablecer un arroyo más natural, meandriforme y reducir los problemas provocados por el ocre.

Implementación del proyecto

El tramo canalizado del arroyo de Rind tenía originalmente una longitud de 1.800 metros. Después de haberse restablecido los meandros, se añadieron aprox. 500 metros a esta longitud, lo cual ha originado un aumento del número de refugios para los peces, a la vez que se han creado nuevos bancos de desove.

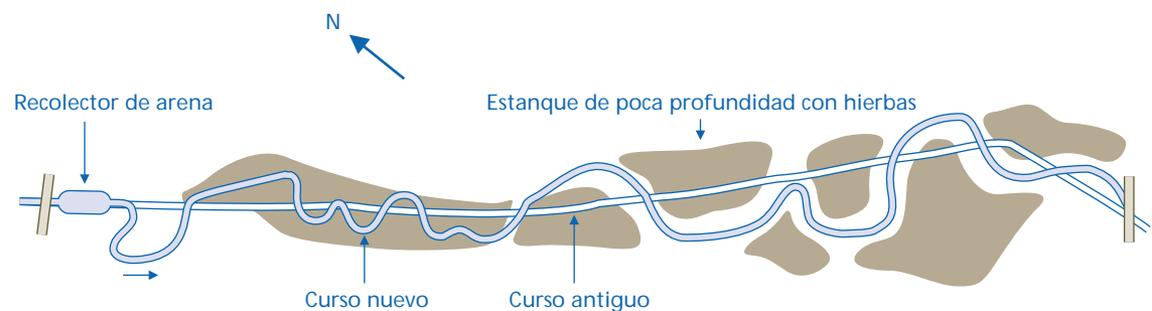
La primera parte del proyecto -el restablecimiento del curso sinuoso- se terminó a principios de 1992. La fase de la

eliminación del ocre aprovechando las fuerzas propias de la Naturaleza se inició a fines de 1992.

El ocre se elimina parte a través de un sistema en que el agua escurre por hierbas en una parte del tramo, y parte guiando parte del agua a seis estanques de poca profundidad excavados en la zona, en cuyo fondo se han sembrado gramíneas especiales, que toleran estar cubiertas por agua durante períodos prolongados. La vegetación de los estanques fomenta la oxidación del hierro disuelto y retiene el ocre.

En conexión con el restablecimiento de meandros en el arroyo y la construcción de los estanques de eliminación de ocre, se excavaron aprox. 35.000 m³ de material, que se destinó a rellenar las secciones anteriormente canalizadas del tramo y a nivelar otras partes del área. Ahora después de que la vegetación ha crecido ya no queda rastro de la intervención artificial realizada. Además, el área es ahora un lugar atractivo de descanso para las aves migratorias de paso.

Croquis del tramo donde se han restablecido meandros en el arroyo de Rind.





Estudios de impacto en conexión con el proyecto de restauración

El impacto del proyecto sobre la concentración de hierro en el arroyo de Rind ha sido objeto de estudios continuos desde el establecimiento de la planta mediante análisis mensuales del agua que entra y sale (hierro total, hierro disuelto, pH, temperatura y oxígeno). Desde la inauguración de la planta en 1992 se ha logrado ir reduciendo el contenido de hierro del agua en medida razonablemente de acuerdo con los efectos esperados. El grado medio de eliminación durante el período de octubre 1993 a septiembre 1994 ha sido de un 43% respecto al hierro disuelto y un 32% en cuanto al hierro

Foto aérea de los meandros restablecidos en el arroyo de Rind.

total. Tres estudios posteriores indicaron un promedio de eliminación del 63% y 30%, respectivamente, del hierro disuelto y para el hierro total.

Experiencias cosechadas

La idea del proyecto nació de una consulta formulada por dos propietarios ribereños del arroyo de Rind, que se dirigieron a las Autoridades provinciales, solicitando que se restableciera la forma sinuosa original del arroyo. En abril de 1991 la Provincia celebró su primera reunión con los propietarios ribereños del área y en el mes del octubre del mismo año ya se inició la primera parte del proyecto. La última fase – los estanques de eliminación de ocre –

se terminó en 1992. El motivo principal del lapso relativamente corto transcurrido desde la presentación de la idea hasta su implementación era el gran respaldo que brindaron dichos propietarios al proyecto.

El grado de eliminación de ocre relativamente bajo en comparación con las instalaciones destinadas específicamente a tal tratamiento, donde el grado de eliminación puede alcanzar hasta un 80 al 95%, es atribuible en gran medida a la escasa capacidad de los estanques y a una baja afluencia a los mismos.

En la fase de construcción no se establecieron represas en la corriente principal dado que se esperaba que la afluencia desde el arroyo a los estanques

Proyectos concluidos de restauración de arroyos

Datos relativos al proyecto:

Organo responsable:	La Provincia de Ringkjøbing
Contratista:	La Provincia de Ringkjøbing
Inicio del proyecto:	Octubre de 1991
Término del proyecto:	Febrero de 1992
Costes totales:	DKK 910.000 (exclusive IVA)
Financiación:	Los fondos de restauración de arroyos de la Provincia de Ringkjøbing (DKK 520.000) La Dirección General del Medio Ambiente (su fondos para eliminación de ocre) (DKK 390.000)

Datos relativos al arroyo :

	<i>Tramo con meandros restablecidos:</i>	<i>Tramo de eliminación de ocre:</i>
Superficie de desagüe:	170 km ²	52,4 km ²
Desagüe:		
Medio:	2.600 lt./seg.	900 lt./seg.
Máximo:	6.700 lt./seg.	2.500 lt./seg.
Mínimo:	550 lt./seg.	200 lt./seg.
Objetivos de calidad:	B2 (aguas salmónidas)	B2 (aguas salmónidas) y F (Aguas afectadas por ocre)
Grado de contaminación:	II-III	II-III, afectado por ocre

Datos relativos a la restauración:

Coordenadas:	56°06'N 8°58'E	
	<i>Tramo con meandros restablecidos:</i>	<i>Tramo de eliminación de ocre:</i>
Longitud:	1.020 → 1.340 m	750 → 950 m
Ancho:	10-12 → 6 -12 m	4 m → (2-6 y 2-40 m)
Declive:	0,65 → 0,55‰	0,8 → 0,65‰
Meandros:	0 → 12	0 → 14
Número de rellenos establecidos:	7	
Cascajos de desove colocados:	115 m ³	30 m ³
Cantos rodados colocadas:	100	
Tierra excavada/incorporada:	15.000 m ³	
Relleno de piedras colocado:		40 m ³
Tierra excavada:		20.000 m ³
Número de estanques de poca profundidad:		6
Corredores de arroyos:		1
Recolectores de arena:		1

iría aumentando a medida que los nuevos meandros todavía libres de vegetación fueran poblándose de hierbas. En consecuencia, se esperaba un aumento del nivel del agua, provocando una afluencia más frecuente de agua a los estanques. Las últimas tres series de mediciones efectuadas parecen indicar que la vegetación cada vez más extendida ha tenido realmente un impacto positivo en el grado de eliminación de ocre.

Por una parte, se ha mejorado la calidad del agua, por otra, las condiciones físicas se han mejorado en grado esencial, lo cual se refleja en condiciones mucho más variada, más refugios para los peces, áreas de elevación y hondonadas, un lecho de cascajos y buenas condiciones hidráulicas.



Cuenca:

Río Gudenå

Introducción al proyecto

El río Gudenå aguas abajo de los lagos de Silkeborg ha sido canalizado y profundizado varias veces durante el último siglo para facilitar la navegación con barcazas; las últimas obras se realizaron en 1930. Las piedras grandes fueron dinamitadas, sacándose las menores y los cascajos para asegurar un buen canal de navegación. Con la construcción en 1921 de una central hidroeléctrica en Tange, desaparecieron los últimos bancos de desove naturales en el tramo inferior del río Gudenå, extinguiéndose la población de salmones antes tan abundante.

3.7

Provincia de Aarhus

Ole Helgren

El río Gudenå en Langå

Objetivo del proyecto

Después de haber discutido varios años si las salmónidas desovaban o no en el curso principal de Gudenå y si, en caso afirmativo, el río ofrecía las condiciones físicas necesarias, la Comisión de Gudenå decidió en 1992 realizar un proyecto piloto que comprendía el establecimiento de bancos de desove artificiales aprox. 2 km aguas arriba del arroyo Langå.

La idea era restablecer uno de los bancos de desove excavados en un periodo anterior. Pero resultó que todas estas localidades coincidían con sitios de interés histórico (vados, etc.), por lo cual se decidió establecer bancos de desove nuevos en otra localidad apropiada.

La ubicación definitiva se eligió entre 10 posibilidades después de numerosos estudios sobre el caudal, cambios del perfil, sustrato del lecho y fauna. Un estudio detenido de los aspectos históricos también desempeñó un papel decisivo en la opción final.

Implementación del proyecto

Se le encomendó a la Administración del Medio Ambiente de la Provincia de Aarhus la planificación e implementación del proyecto. Para asegurar que se tomaran en consideración todas las ideas y puntos de vista, el proyecto se elaboró en estrecha colaboración con el comité local de la Sociedad Danesa de Conservación de la Naturaleza, los pescadores deportivos y museos locales, el Museo de Historia

Natural, las Autoridades municipales, las Provincias de Aarhus y Vejle y los propietarios ribereños afectados.

El proyecto comprendía el establecimiento de dos bancos de desove, que se establecieron sobre un área de aprox. 1.200 m² hasta una altura de aprox. 1,4 metros sobre el lecho existente de material de piedra sin clasificar, cubierto por un sustrato de desove de un grosor mínimo de 40 cm. Este sustrato consiste de piedras naturales de la zona, cuyo tamaño varía de un 15% de 8 a 16 mm, un 35% de 16 a 32 mm, un 35% de 32 a 64 mm y un 15% de 64 a 120 mm.

La profundidad del agua sobre el banco de desove es como mínimo 40 cm. A lo largo de la orilla sur del río hay un canal de navegación de un ancho mínimo de 5 metros y una profundidad mínima de 1 metro. Posteriormente se han colocado numerosas piedras grandes para proteger las orillas y crear áreas de retención contra la corriente.

El proyecto fue realizado por un contratista en el transcurso de 15 días en el otoño de 1993.

Estudios de impacto en conexión con el proyecto de restauración

Dado que el proyecto se planificó como un «banco de ideas» para futuros trabajos de mejora de la calidad medioambiental del río Gudenå, se realizaron una serie de estudios previos y posteriores:

Proyectos concluidos de restauración de arroyos



- Mediciones previas, durante la construcción y posteriores
- Mediciones previas y posteriores del caudal
- Estudios geotécnicos previos de las condiciones del lecho
- Estudios de buceo con miras a registrar los aspectos de interés histórico
- Estudios previos y posteriores de la flora y la fauna de microinvertebrados
- Electropesca regular
- Registro visual de los peces en los bancos de desove

Colocación de cascajos de desove.

Experiencias cosechadas

La accesibilidad a las localidades escogidas influye de forma considerable sobre los costes de construcción. En el caso del presente proyecto, cuyos costes ascendían a DKK 130.000, el acceso a caminos para entrega de materiales era particularmente favorable.

Las condiciones físicas e hidráulicas siguen cumpliendo las supuestas para el proyecto. Se observaron peces desovando en los bancos inmediatamente después de haberse concluido el proyecto en octubre y para el resto del año 1993, y una electropesca en el inicio del verano de 1994 llevó a la captura del primer alevín de salmónida (1 individuo). Se continuaron la electropesca y las investigaciones biológi-

cas en 1994-95. Se están planificando experimentos que comprenden también la colocación de cajas de eclosión.

En invierno de 1994-95 los bancos de desove se ampliaron con un área aguas bajas para ofrecer mejores refugios a los alevines.

Datos relativos al proyecto:

Organo responsable:	El Comité del Río Gudenå
Contratistas:	La Provincia de Aarhus, la Administración del Medio Ambiente
Inicio del proyecto:	Septiembre de 1993
Término del proyecto:	Octubre de 1993
Costes totales:	DKK 130.000 (inclusive IVA)
Financiación:	El Comité del Río Gudenå

Datos relativos al río :

Superficie de desagüe:	1.850 km ²
Desagüe:	
Medio:	22.000 lt./seg.
Máximo:	65.000 lt./seg.
Mínimo:	10.000 lt./seg.
Objetivos de calidad:	B2 (aguas salmónidas)
Grado de contaminación:	II (1993)

Datos relativos a la restauración:

Coordenadas:	56°23'N 9°55'E
Longitud:	70 m
Ancho:	30 m
Declive:	Medio: 10‰
Caudal:	35.000 lt./seg.
Cascajos de desove colocados:	180 m ³
Piedras colocadas:	90 m ³
Relleno de lecho colocado:	370 m ³



3.8

Provincia de Aarhus

Ole Helgren

El arroyo Lilleå en Hadsten

Cuenca:

Río Gudenå

Introducción al proyecto

El arroyo Lilleå, que surge aprox. 20 km al oeste de la ciudad de Aarhus y desemboca en el río Gudenå cerca de Langå, es uno de los afluentes más grandes de dicho río. El paisaje adyacente varía desde zonas fuertemente onduladas a llanos, pero con vegas bien definidas. Aproximadamente dos terceras partes del arroyo Lilleå han sido canalizadas en el transcurso de los años en atención a la agricultura. Debido a las canalizaciones y un crecimiento extenso de la comunidad urbana y de la industria, el Lilleå se presentaba como un arroyo yermo caracterizado por un mantenimiento severo, transporte de arena suspendida, con una calidad de agua afectada por desagües y un caudal muy variado, que provocaba inundaciones frecuentes.

Objetivo del proyecto

Debido a repetidas inundaciones del campo agrícola en la década de los 1980 y al hecho de que no se habían cumplido los objetivos de calidad del arroyo, se decidió buscar una solución a los problemas.

El paso de peces migratorios también se incluyó en el proyecto dado que aproximadamente la mitad de las salmónidas que suben por la cuenca del río Gudenå entran en el Lilleå.

La tarea era mejorar el caudal y por ende la seguridad de desagüe y a la vez mejorar la calidad medioambiental, asegurando, además, el paso libre de los peces al arroyo Lilleå y posteriormente a toda la cuenca del arroyo.

Implementación del proyecto

El proyecto total fue elaborado por un equipo de trabajo, integrado por propietarios ribereños, organizaciones de intereses, dueños de represas, los municipios y la provincia. Llevó aprox. 5 años completar el proyecto, que comprendía:

- Establecimiento de un perfil doble en un tramo de 4 km del arroyo
- Sustitución de una escala pesquera
- Eliminación de dos represas y establecimiento de rellenos
- Construcción de un relleno de desvío
- Colocación de aprox. 3.000 m² de piedras
- Colocación de aprox. 300 m² de cascajos de desove
- Plantación de aprox. 13.000 árboles
- Elaboración de un reglamento nuevo y cambio de un mantenimiento por uno favorable al medio ambiente.

La construcción de un perfil doble de un ancho de 12 a 18 metros en un tramo de 4 km se llevó a cabo en 1989 en estrecha colaboración con los propietarios ribereños. El proyecto fue financiado parte por dichos propietarios que sedieron terreno gratuito, parte por los municipios y la Provincia con subvenciones de la Dirección General del Medio Ambiente. El paso de los peces se aseguró de la forma siguiente:

- Sustitución de la escala pesquera en Løjstrup en 1988 (precio aprox. DKK 200.000)
- Eliminación de la represa en el Molino de Hadsten y establecimiento de un relleno en 1989 (precio aprox. DKK 700.000)
- Eliminación de la represa en el Molino de Grundfør y establecimiento de un relleno en 1990 (precio aprox. DKK 450.000)
- Establecimiento de un relleno en Granslev en 1991 (precio DKK 30.000)
- Establecimiento de un relleno de desvío en el Molino de Voer en 1992 (precio DKK 130.000)
- Eliminación de la represa en el Molino de Selling y establecimiento de un relleno (precio DKK 60.000).

Con previo acuerdo de los propietarios ribereños, las organizaciones de intereses y las Autoridades cada sub-proyecto fue tramitado administrativamente por la Provincia y a continuación suplementado por un contratista o por la Provincia bajo supervisión de esta misma.

Una vez completado el proyecto, se han realizado obras en los afluentes del arroyo

Proyectos concluidos de restauración de arroyos



Lilleå, estableciendo un relleno de desvío y eliminando dos represas. Además, se ha generalizado la práctica de un mantenimiento favorable al medio ambiente.

Colocación de piedras en un perfil doble.

Estudios de impacto en conexión con el proyecto de restauración

Los estudios previos al proyecto habían revelado un ambiente acuático pobre caracterizado por un número muy reducido de especies de plantas y un lecho de arena yermo con una población pequeña de peces originarios y solamente un número reducido de peces migratorios. Además, extensas áreas de campo agrícola sufrían inundaciones frecuentes. Después de la realización del proyecto se ha minimizado el transporte de arena suspendida y largos tramos están ahora provistos de lechos de piedra y de cascajos. La composición de las hierbas acuáticas ha cambiado considerablemente y hay una excelente población de peces originarios. Además, se encuentran peces migratorios en casi toda la cuenca del arroyo.

Sólo se ha producido una inundación del área agrícola en la primavera 1994 y el nuevo corredor verde ofrece buenos hábitats para la fauna y la flora.

Experiencias cosechadas

El procedimiento escogido, involucrando un equipo de trabajo multiprofesional y numerosas reuniones y consultas públicas es lento y requiere muchos recursos; en cambio, la fase subsiguiente de implementación resulta mucho más rápida y ofrece menos problemas.

Los trabajos de construcción se realizaron en momentos favorables tanto

para los propietarios ribereños como para el medio ambiente.

El desarrollo del proyecto y la metodología de la realización han creado una comprensión amplia de la compleja problemática que se presenta a menudo cuando hay que buscar un equilibrio entre los intereses agrícolas y los del medio ambiente y han llevado al establecimiento de un clima de colaboración favorable entre los propietarios ribereños, las organizaciones y las Autoridades.

El resultado es un arroyo agradable con una abundante flora y fauna, un corredor verde entre las vegas, además de ciudadanos, propietarios ribereños, organizaciones y Autoridades contentos.

El desarrollo del proyecto y sus resultados han generado un grado de goodwill considerable en toda la zona afectada y, entre otros, el resultado ha sido que más propietarios ribereños se han dirigido a las Autoridades con propuestas para mejoras ulteriores del medio ambiente.

Datos relativos al proyecto:

Organo responsable:	La Provincia de Aarhus
Contratistas:	La Provincia de Aarhus y el Servicio de Desarrollo del Suelo
Inicio del proyecto:	1987
Término del proyecto:	1993
Costes totales:	DKK 2.700.000 (inclusive IVA)
Financiación:	La Dirección General del Medio Ambiente (DKK 350.000), Los Municipios de Hadsten y Hinnerup (DKK 770.000), diversos propietarios ribereños (DKK 750.000) y la Provincia de Aarhus (DKK 830.000)

Datos relativos al arroyo :

Superficie de desagüe:	310 km ²
Desagüe:	
Medio:	2.914 lt./seg.
Máximo:	26.000 lt./seg.
Mínimo:	720 lt./seg.
Objetivos de calidad:	A (Area de especial interés científico) B1 (Areas de desove y cría de salmónidas) B2 (aguas salmónidas)
Grado de contaminación:	II (Promedio 1993)

Datos relativos a la restauración:

Coordenadas:	56°19'N 10°03'E
Longitud:	31.200 m
Ancho:	1-7 → 1-4 m
Declive:	1,1‰
Caudal:	26.000 lt./seg.
Cascajos de desove colocados:	300 m ³
Piedras colocadas:	3.000 m ³
Tierra excavada:	35.000 m ³



3.9

Provincia de
Vejle

Tony Bygballe
Jan Nielsen

El riachuelo Lammebæk en Daugård

Cuenca:

Arroyo Rohden

Introducción al proyecto

El riachuelo de Lammebæk es un afluente del arroyo de Rohden, que discurre por un valle cubierto de árboles y tiene un declive de 40 metros a lo largo de un tramo de 4 kilómetros. No ha sido sometido a dragado ni mantenimiento durante varios años, por lo cual ha desarrollado un curso natural y variado con presas pequeñas, áreas de elevación y hondonadas profundas. En Daugård el riachuelo pasa por debajo de una carretera en una tubería de hormigón de 25 metros de largo.

Objetivo del proyecto

Antes la tubería constituía una obstrucción eficaz para los peces migratorios. Debido al declive del 30% de dicha tubería el nivel del agua dentro de la misma era tan bajo y el caudal tan alto que ni aun los peces más fuertes, tales como la trucha de mar podían subir aguas arriba por ahí. El objetivo del proyecto era mejorar eficazmente las posibilidades de que los peces pudieran subir por el riachuelo.

Implementación del proyecto

La Provincia construyó un dispositivo eficaz, aunque sencillo, que se monta en la tubería, para crear así una protección y refugio para los peces que buscan abrirse camino por la tubería. Una tabla provista de cortes alternos en uno y otro lado se monta en un arco de hierro que tiene la misma forma que la tubería. Estos dispositivos se fijan dentro de la tubería con intervalos de 2 metros, formando así una especie de láminas sobre el fondo, fijadas con una inclinación en dirección contraria a la corriente. De esta manera se logró elevar el nivel del agua con 30 cm y ahora las truchas y demás peces pueden pasar por el corte de las láminas y descansar en el agua retenida entre las mismas.

Al mismo tiempo, otra tubería situada 500 m aguas arriba se modificó, de manera que ahora hay libre paso por toda la extensión del riachuelo.

Estudios de impacto en conexión con el proyecto de restauración

Dos semanas después de haberse montado las láminas dentro de la tubería habían pasado truchas de mar por la tubería debajo del camino y subido aguas arriba por el riachuelo, de manera que los peces estaban distribuidos de forma uniforme por toda la extensión del mismo. En 1993 la población natural de truchas era excelente con 2,2 truchas por m². Hasta 1994 se poblaba el riachuelo con 2.000 alevines de trucha por año. Pero a partir de 1994 se suspendió esta práctica, porque ahora la población se auto-reproduce.

Experiencias cosechadas

Una de las obstrucciones más comunes de los arroyos pequeños son las tuberías que conducen al agua por debajo de un camino. Si no hay agua suficiente en la tubería y si la corriente es demasiado fuerte, la tubería constituye una obstrucción eficaz hasta para los nadadores más hábiles, como la trucha de mar. Si las tuberías están ubicadas a gran



profundidad debajo del camino no suele ser económicamente factible modificarlas. La incorporación de láminas en las tuberías es una forma eficaz de bajar la velocidad de la corriente y elevar así el nivel del agua dentro de las mismas. Al mismo tiempo es una solución relativamente barata a un problema enorme.

La tubería debajo del camino antes y después de haberla dotado de láminas.

Datos relativos al proyecto:

Organo responsable:	La Provincia de Vejle
Contratista:	La Provincia de Vejle
Inicio del proyecto:	Octubre de 1992
Término del proyecto:	Octubre de 1992
Costes totales:	DKK 18.000 (inclusive IVA)
Financiación:	La Provincia de Vejle

Datos relativos al arroyo :

Superficie de desagüe:	5 km ²
Desagüe:	
Medio:	75 lt./seg.
Máximo (10 años):	2.000 lt./seg.
Mínimo:	25 lt./seg.
Objetivos de calidad:	B1 (aguas de desove y cría de salmónidas)
Grado de contaminación:	I

Datos relativos a la restauración:

Coordenadas:	55°44'N 9°43'E
Longitud:	25 m
Diámetro:	1,25 m
Declive:	30‰
Caudal dentro de la tubería:	6.000 → 5.000 lt./seg.



Cuenca:

Arroyo de Vejle

Introducción al proyecto

El riachuelo Kvak Møllebæk es un afluente del arroyo de Vejle, ubicado aprox. 7 km aguas arriba del Fiordo de Vejle. Junto al molino de Kvak Møllebæk, un molino de harina propulsado por el agua y construido en el siglo pasado, había una represa de 4,3 metros de alto que impedía el paso de los peces.

3.10

Provincia de
Vejle

Tonny Bygballe
Jan Nielsen

El riachuelo Kvak Møllebæk en Skibet

Objetivo del proyecto

El objetivo del proyecto era construir un relleno de desvío alrededor del viejo molino para abrir paso para la fauna y a la vez reducir el transporte de arena suspendida al lago del molino. Además, el restablecimiento de meandros aguas arriba de la represa daría al riachuelo canalizado y profundizado un curso más natural antes de desembocar en el arroyo de Vejle.

Implementación del proyecto

El trabajo de establecimiento del desvío se realizó en mayo – junio de 1991. El restablecimiento de meandros de la parte

próxima al arroyo de Vejle se realizó en octubre de 1992 y comprendía también la plantación de aliso común en las zonas adyacentes.

Estudios de impacto en conexión con el proyecto de restauración

Los estudios posteriores han revelado que ya habían penetrado muchas truchas en el desvío un mes después de haberse terminado la obra. En aquellas fechas se registró una densidad de hasta 1 trucha por m², ascendiendo el año siguiente, a 2 por m² y las truchas habían empezado a desovar de forma natural dentro del



Relleno de desvío en el molino de agua Kvak.

Proyectos concluidos de restauración de arroyos



desvío. Había muchas más truchas en el desvío que en los tramos superiores e inferiores del riachuelo.

Además, los estudios realizados durante el período de desove de las truchas de mar revelan que muchas suben ahora por el lago del molino para desovar aguas arriba. Así, que hay muchas más truchas en el riachuelo ahora, habiéndose ya suspendido las repoblaciones que se practicaban antes. Adicionalmente se establecieron doce zonas de desove en el tramo donde se restablecieron meandros y todas eran aprovechadas por las truchas de mar a los pocos días después de haberse terminado el proyecto. En 1993 había una excelente población natural de truchas de aprox. 1 por m².

Electropesca en el tramo del riachuelo Kvak Møllebæk, donde se restablecieron meandros.

Datos relativos al proyecto:

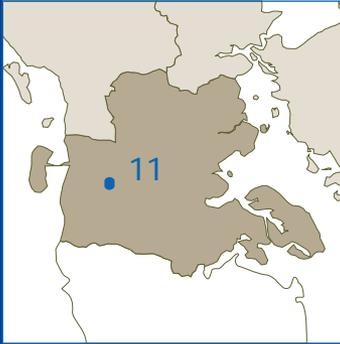
Organo responsable:	La Provincia de Vejle
Contratistas:	El Servicio de Desarrollo del Suelo y la Provincia de Vejle
Inicio del proyecto:	Mayo de 1991
Término del proyecto:	Octubre de 1992
Costes totales:	DKK 252.000 (exclusive IVA)
Financiación:	La Provincia de Vejle, la Dirección General del Medio Ambiente y el Municipio de Vejle

Datos relativos al arroyo :

Superficie de desagüe:	4,8 km ²
Desagüe:	
Medio:	72 lt./seg.
Máximo:	136 lt./seg.
Mínimo:	36 lt./seg.
Objetivos de calidad:	B1 (Areas de desove y cría de salmónidas)
Grado de contaminación:	I-II

Datos relativos a la restauración:

Coordenadas:	55°43'N 9°27' E	
	<i>Tramo con meandros restablecidos:</i>	<i>Relleno de desvío:</i>
Longitud:	150 → 190 m	0 → 260 m
Ancho:	3-4 → 0,6-3 m	0 → 0,5 – 1,3 m
Declive:	0 → 4-5‰	0 → 5-25‰
Caudal:	Máx. 150 lt./seg.	
Meandros:	9	
Cascajos de desove colocados:	60 m ³	
Piedras colocadas:	70 m ³	
Tierra excavada:	200 m ³	



3.11

Provincia de
Sønderjylland

Bodil Deen Petersen
Mogens Bjørn Nielsen

El arroyo de Brede en Løgumkloster

Cuenca:

Arroyo de Brede

Introducción al proyecto

Cerca de Løgumkloster se encuentra el arroyo de Brede en una vega estrecha y bien delimitada, en su mayor parte cubierta por hierbas perennes. Desde allí el arroyo continúa su recorrido por Bredebro, desembocando en el Mar del Norte. Originalmente el arroyo de Brede tenía un curso muy sinuoso, pero fue canalizado a mediados de la década de los 1950. Desde entonces el arroyo ha producido profunda erosión en el terreno, causando un considerable transporte de arena suspendida. Sólo en contados lugares existe un verdadero canal de corriente con lecho de cascajos y bancos de desove apropiados para las salmónidas. En 1990 una presa grande en Bredebro fue sustituida por un relleno para dar paso a los peces (ver ejemplo 3.12). Esta presa era la única obstrucción existente en la parte inferior del sistema.

Objetivo del proyecto

Había varios motivos para proponer una restauración de este tramo particular del arroyo de Brede. En primer término, el deseo de mejorar las condiciones medioambientales del arroyo, por ejemplo, mediante la reducción del transporte destructivo de arena suspendida. En segundo término, el deseo era eliminar la última presa grande en el arroyo de Brede, para así abrir paso para las salmónidas, particularmente la rara especie farra, que ahora se encuentra de nuevo en la mayoría de los arroyos del sur de Jutlandia gracias a un programa exitoso de cría. Otro objetivo era mejorar la continuidad entre el arroyo y sus vegas adyacentes elevando el lecho del arroyo.

Antes de la realización del proyecto el lecho se encontraba hasta un metro debajo de lo estipulado en el reglamento fijado para el arroyo. Toda la zona de vegas es una zona potencial de ocre y, según las previsiones, la elevación del lecho del arroyo y por ende del nivel del agua en las vegas también llevaría a una reducción de la entrada de ocre al arroyo.

Implementación del proyecto

El proyecto se implementó en el segundo semestre de 1991. Un tramo canalizado de

2.680 metros se transformó en un curso sinuoso de 3.130 y se elevó el lecho del arroyo. Se eliminó la presa, estableciéndose en su lugar dos rellenos largos. Se colocaron bancos de desove y piedras, asegurándose asimismo algunos meandros con piedras.

El curso sinuoso actual es casi idéntico al curso previo a la canalización, excepción hecha del tramo lindante con el pueblo de Løgumkloster, donde no resultó posible establecer meandros debido al alcantarillado y las casas construidas a lo largo del antiguo tramo.

En varios lugares los meandros anteriores se habían preservado después de la canalización. Existían en forma de charcos abiertos dentro de las vegas, pero fueron incorporados al curso meandri-forme después de la restauración. En sustitución de éstos se establecieron dos charcos nuevos en el tramo antes canalizado. Durante el trabajo de excavación se descubrió que uno de los antiguos meandros había sido utilizado como vertedero, por lo cual hubo que sacar más de 200 toneladas de material y transportarlo a un vertedero controlado.

El proyecto se inauguró en mayo de 1992.