



# NATIONAL RIVERS AUTHORITY

## The Dee Regulation Scheme

The River Dee (Afon Dyfrdwy) rises in the mountains of Snowdonia National Park, to the west of Bala Lake (Llyn Tegid). After flowing through a broad valley to Corwen, it tumbles eastwards through the spectacular Vale of Llangollen before breaching the Welsh foothills, near Bangor-on-Dee, and meandering northwards through the Cheshire plain to its tidal limit at Chester Weir.

To those concerned with the management of water resources the River Dee represents an internationally famous example of advanced river basin management. As a result of the Dee Regulation scheme :-

- abstractions in its lower reaches for Public Supply exceed the combined supply of the reservoirs of the English Lake District.
- the frequency of flooding of the low lying land alongside the river below Bala has been reduced.
- proper consideration towards the preservation of the fishery has been achieved.
- recreational activities have been developed at appropriate locations.
- hydro-electric power is generated at Llyn Celyn

### Historical Developments

The natural flows of the River Dee, during dry summer weather, would be insufficient to sustain any significant abstractions; but if excess flood flows can be stored in reservoirs, this water may be released later in dry weather to supplement the low natural river flows, permitting continuous abstraction from the river. This is the principle of low-flow regulation, and it was used by Telford as long ago as the beginning of the 19th Century. In order to guarantee a supply of water to the Shropshire Union Canal, Telford constructed sluices at the outlet of Bala Lake. Water released through these sluices was abstracted into the canal where it commences at Horseshoe Falls.



The rise in demand for water generated by the Industrial Revolution, and the public health problems of polluted rivers and other traditional local sources near cities, resulted in the construction of numerous reservoirs in natural valleys during the later half of the 19th Century; these were based on the direct supply principle, with the relatively clean upland reservoir water being subject to basic treatment processes before being piped away to the area of supply. The only substantial direct-supply reservoir constructed in the Dee catchment was the Alwen Reservoir, built in the 1920's, which was used originally to supply Birkenhead.



Many rivers in industrial areas became too polluted by effluents to be usable for water supply, and the relatively small amounts of compensation water discharged to the rivers by the direct-supply reservoirs were insufficient to redress the situation. However, the City of Chester provided a notable exception to this generality, having directly abstracted Dee water since the first Chester Waterworks Company was formed in 1826. This was possible because of the relatively few troublesome effluents in the Dee catchment upstream of Chester.

In the late 1950's the Dee and Clwyd River Board promoted and constructed the Bala Lake Scheme. The natural lake outlet was lowered (Telford's original sluices being by-passed), and new sluice gates were constructed downstream of the confluence with the Afon Tryweryn, a short distance from the lake exit. This provided approximately 18,000,000 m<sup>3</sup> (cubic metres) of controllable storage in Bala Lake, which could be operated on a seasonal basis for low-flow regulation to support continuous Dee abstraction totalling 235 Ml/d (Megalitres per day) by six Statutory Water Undertakings and the British Waterways Board. In addition, controlled short term detention of flood run-off from the substantial Bala Lake catchment area greatly reduced the frequency and extent of flooding in the Dee Valley downstream of Bala. In parallel with this development, more stringent standards were imposed on those effluents which discharged to the Dee upstream of Chester Weir.

Over 150 years after Telford's original scheme, the principle of river regulation had been re-established on the Dee. The next development was Llyn Celyn, a new 81,000,000 m<sup>3</sup> capacity regulating reservoir within the Bala Lake catchment area, completed in 1965 by Liverpool Corporation, and designed to operate in conjunction with the Bala Lake Scheme. Not only did this support additional Dee abstractions of 327 MI/d but other significant benefits were additional flood control storage, a near-trebling of the dry-weather flow for most of the length of the river, with a substantial allocation of storage for special releases to the river for water quality or fisheries purposes, a 65% increase in the minimum residual flow over Chester Weir to the Dee Estuary, and a 4 MW (Megawatt) Hydro-electric station at the dam.

In 1973 the Dee and Clwyd River Authority obtained statutory powers to construct another major regulating reservoir in the Brenig valley. Stage 1 of the Brenig project was completed with the first-filling of Llyn Brenig (60,000,000 m<sup>3</sup>) in spring 1979. The completion of Brenig Stage 1 increased the potential for abstraction from the river in the lower reaches to around 860 MI/d.

With the reorganisation of the Water Industry in 1989 regulation of the River Dee came under the control of the National Rivers Authority and in 1992 the authorised abstractions by the four statutory undertakings and British Waterways Board were:-

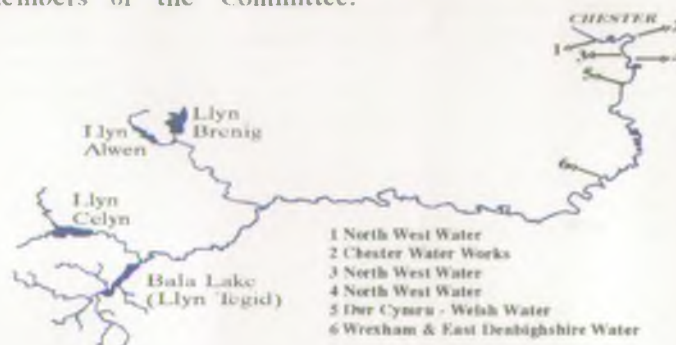
North West Water	709.0 MI/d
Chester Waterworks Company	34.1 MI/d
Wrexham and E. Denbighshire Water Co.	34.1 MI/d
British Waterways Board	28.4 MI/d
Dwr Cymru - Welsh Water	23.6 MI/d

In addition a residual flow of at least 364 MI/d is maintained over Chester Weir in all but the most testing of droughts, safeguarding the passage of migratory fish, and limiting the ingress of saline water over Chester Weir during high tides.



## Operation of the Regulation Scheme

It is particularly important that the management of the multipurpose Dee river system should maintain a fair balance between many interests, and should be operated without undue constraint from any particular group of users. The Dee and Clwyd River Authority Act 1973 set up a Consultative Committee on which both major abstractors and river interests are represented. The "General Directions", i.e. the complex rules used to operate the system, are prepared with this Committee's advice, and the special conditions for operation in severe droughts require the approval of all members of the Committee.



The Dee regulation Scheme was used for a ten-year national research programme (1966-76), co-ordinated by the Water Resources Board/Water Research Centre, into the specialised problems of river regulation. The research programme included rainfall measurement by radar, fish counting installations, hydrological modelling, reservoir control rules and the development of a computer-based telemetry system.

The telemetry systems currently employed at the Bala control centre, collect information from reservoirs, river flow measuring stations and rain gauges; weather radar and satellite pictures are also received to assist the Duty Officers at Bala in deciding upon the most appropriate releases from the reservoirs.

During low flow regulation, water released from the regulating reservoirs takes almost two days (during which rain may occur) to reach the major abstraction points near Chester, yet the accuracy of the measurement and forecasting system is such that less than 5% of the water released in a dry summer is eventually surplus to requirements down-river.

## Facts and Figures

Reservoir	Catchment Area(km <sup>2</sup> )	Surface Area(ha)	Capacity (m <sup>3</sup> x10 <sup>6</sup> )	Average Run-off m <sup>3</sup> /sec	Run-off mm/yr
Llyn Celyn	60	325	81	3.10	1590
Bala Lake	262	400	18	11.50	1380
Llyn Brenig	23	370	60	0.62	884
Alwen Reservoir	26	150	15	0.73	899

The catchment area to Chester Weir is 1816 km<sup>2</sup> with an average natural run-off of 36.8 m<sup>3</sup>/sec (639mm/yr): 16% of this catchment area, and 33% of this run-off, is controlled by the regulating reservoirs.



# AWDURDOD AFONYDD CENEDLAETHOL

## Cynllun Rheoli Afon Dyfrdwy

Mae Afon Dyfrdwy yn tarddu ym mynyddoedd Parc Cenedlaethol Ffryi, i'r gorllewin o Llyn Tegid. Ar ôl llifo drwy ddyffryn llydan i Gorwen mae'n troi i'r dwyrain drwy harddwch Dyffryn Llangollen cyn cyrraedd godreon mynyddoedd Cymru ger Bangor-Is-Coed a throelli i'r gogledd drwy wastadedd Swydd Gaer nes cyrraedd ei therfyn llanw yng Nghored Caer.

I'r sawl sy'n ymwneud â rheoli adnoddau dŵr, mae Afon Dyfrdwy yn enghraifft fyd-enwog o reolaeth soffistigedig ar fasn afon. O ganlyniad i Cynllun Rheoli Afon Dyfrdwy :-

- mae'r tyniadau yn ei rhannau isaf at y Cyflenwad Cyhoeddus yn fwy na chronfeydd dŵr Ardal y Llynnoedd gyda'i gilydd.
- Mae achosion o lifogydd yn y tir isel ar hyd yr afon islaw'r Bala wedi lleihau.

- llwyddwyd i feithrin ystyriaeth briodol at ddiogelu'r bysgodfa.

- datblygwyd gweithgareddau amser hamdden mewn mannau priodol.

- cynhyrchir pŵer trydan-dŵr yn Llyn Celyn.

### Datblygiadau Hanesyddol

Ni fyddai llif naturiol Afon Dyfrdwy yn gallu cynnal unrhyw dyniadau sylweddol yn ystod tywydd sych yr haf, ond pe gellid storio dŵr o lifogydd mewn cronfeydd byddai modd ei ollwng yn ystod tywydd sych i ychwanegu at lifau isel naturiol yr afon gan ei gwneud yn bosibl i dynnu dŵr ohoni'n barhaus. Dyna egwyddor rheolaeth lif-isel, ac fe'i defnyddiwyd gan Telford mor bell yn ôl a dechrau'r 19eg Ganrif. Adeiladodd Telford lifddorau yn allfa Llyn Tegid er mwyn gallu cael cyflenwad sicr o ddŵr i Gamlas y Shropshire Union. Byddai'r dŵr a ollyngid drwy'r llifddorau hyn yn mynd i mewn i'r gamlas lle mae'n dechrau yn 'Horseshoe Falls'.

Gyda'r cynnydd yn y galw am ddŵr yn sgîl y Chwyldro Diwydiannol, a'r problemau i iechyd cyhoeddus a achosid gan lygredd mewn afonydd a ffynonellau traddodiadol lleol craill ger y dinasoedd, adeiladwyd nifer o gronfeydd dŵr mewn dyffrynnoedd naturiol yn ystod ail hanner y 19eg Ganrif. Seiliwyd y rhain ar yr egwyddor o gyflenwi uniongyrchol, gyda'r dŵr cymharol lân o gronfeydd yr ucheldir yn cael ei drin drwy brosesau sylfaenol cyn cael ei bibellu i'r ardal yr oedd yn ei chyflenwi. Yr unig gronfa ddŵr cyflenwad-uniongyrchol a adeiladwyd yn nalgylch Afon Dyfrdwy oedd Cronfa Ddŵr Alwen, a adeiladwyd yn y 1920au, ac a ddefnyddid yn wreiddiol i gyflenwi dŵr i Benbedw.



Llyn Celyn

Cafodd amryw o'r afonydd yn yr ardaloedd diwydiannol eu llygru gan elifiannau i'r fath raddau fel na ellid eu defnyddio i ddarparu cyflenwadau dŵr, ac nid oedd y swm bychan o ddŵr a ollyngid i'r afonydd o'r cronfeydd cyflenwad-uniongyrchol yn ddigon i wella'r sefyllfa. Un eithriad nodedig oedd cyflenwad Dinas Caer. Bu Caer yn tynnu dŵr yn uniongyrchol o Afon Dyfrdwy ers ffurfio Cwmni Gwaith Dŵr cyntaf Caer ym 1826 gan mai ychydig o elifiannau trafferthus a geid yn nalgylch Afon Dyfrdwy i fyny'r afon o'r ddinas.

Ar ddiwedd y 1950au hyrwyddwyd ac adeiladwyd Cynllun Llyn Tegid gan Fwrdd Afonydd Dyfrdwy a Chlywd. Cafodd yr allfa naturiol o'r llyn ei gostwng (gan osgoi llifddorau gwreiddiol Telford) ac adeiladwyd llifddorau newydd islaw'r cydlifiad ag Afon Tryweryn, nid nepell o allanfa'r llyn. Roedd hyn yn darparu tua 18,000,000 m<sup>3</sup> (metr ciwbig) o le storio rheoledig yn Llyn Tegid, y gellid ei ddefnyddio yn ôl y tymor llif isel a sicrhau tyniadau parhaus o Afon Dyfrdwy gan chwech o Ymgymeriadau Dŵr Statudol a Bwrdd Dyfrfyrdd Prydain, sef cyfanswm o 235 Ml/d (Megalitrau y dydd). Yn ychwanegol at hyn, roedd system dymor-byr o ddal dŵr lifogydd o ddalgylch sylweddol Llyn Tegid yn lleihau nifer a grym y lifogydd yn Nyffryn Dyfrdwy i lawr yr afon o'r Bala. I gyd-fynd â'r datblygiad hwn, gosodwyd safonau mwy llym ar yr elifiannau a arllwysid i Afon Dyfrdwy i fyny'r afon o Gored Caer.



Llifddorau Bala

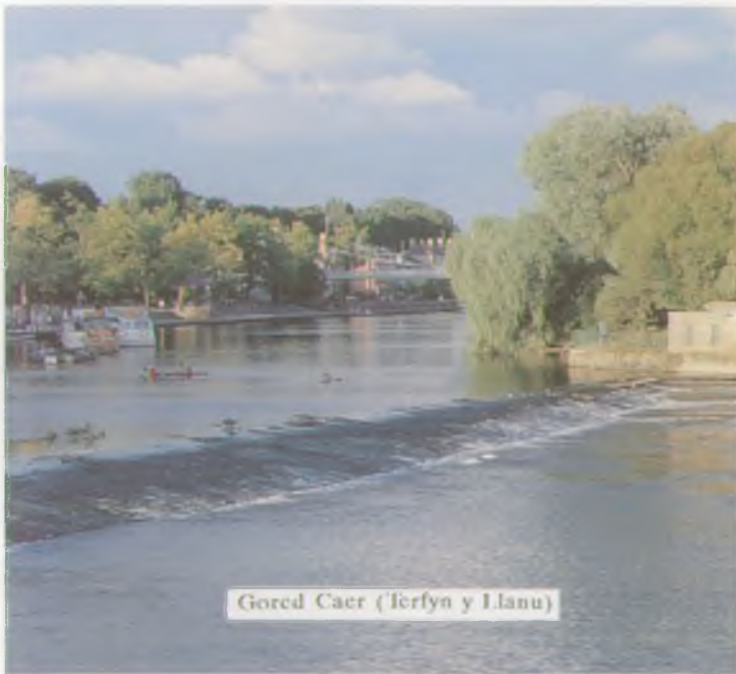
Dros 150 o flynyddoedd ar ôl cwblhau cynllun gwreiddiol Telford ail-sefydlwyd yr egwyddor o reolaeth ar Afon Dyfrdwy. Y dathlygiad nesaf oedd yn dal 81,000,000 m<sup>3</sup> o ddŵr, a gwblhawyd ym 1965 gan Corfforaeth Lerpwl ac a gynlluniwyd weithredu ar y cyd â Chynllun Llyn Tegid. Roedd hwn nid yn unig yn sicrhau tyniadau ychwanegol o 327 MI/d o Afon Dyfrdwy, ond hefyd yn cynnig lle storio ychwanegol yn ystod llifogydd, gan dreblu'r llif tywydd sych ar gyfer y rhan fwyaf o hyd yr afon, lle storio sylweddol ar gyfer gollyngiadau arbennig at ddibenion ansawdd dŵr neu bysgodfeydd, cynnydd o 65% yn y llif gweddillol lleiafswm dros Gored Caer i Aber Afon Dyfrdwy, ynghyd a gorsaf bŵer trydan-dŵr 4 MW (Megawat) yn yr argae.

Ym 1973 cafodd Awdurdod Afonydd Dyfrdwy a Chlwyd bwerau statudol i adeiladu cronfa ddŵr reoleiddio fawr arall yn nyffryn Brenig. Cwblhawyd Cam cyntaf cynllun Brenig pan lanwyd Llyn Brenig (60,000,000 m<sup>3</sup>) yng ngwanwyn 1979. Gyda chwblhau Cam cyntaf Brenig cynyddwyd y tyniadau posibl o'r afon yn yr estyniadau isaf i tua 860 MI/d.

Gydag aildrefnu'r Diwydiant Dŵr ym 1989 daeth cyfrifoldeb dros reoli Afon Dyfrdwy i ddwylo'r Awdurdod Afonydd Cenedlaethol, ac ym 1992 y tyniadau awdurdodedig gan y pedwar ymgymwrwr statudol a Bwrdd Dyfrffyrdd Prydain oedd:-

Dŵr y Gogledd Orllewin	709.0 MI/d
Cwmni Gwaith Dŵr Caer	34.1 MI/d
Cwmni Dŵr Wrecsam a Dwyrain Dinbych	34.1 MI/d
Bwrdd Dyfrffyrdd Prydain	28.4 MI/d
Dŵr Cymru - Welsh Water	23.6 MI/d

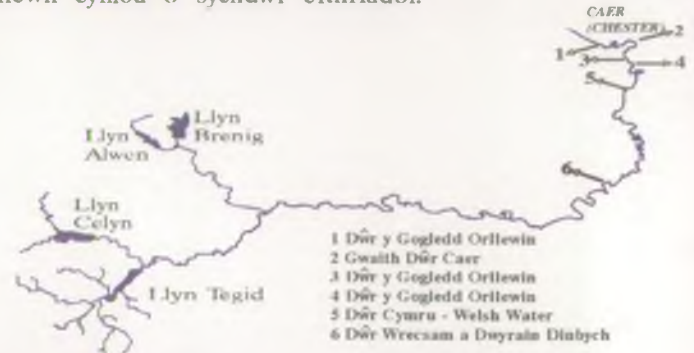
Yn ogystal, cynhelir llif gweddillol o 364 MI/d o leiaf dros Gored Caer, oni bai bod sychder eithriadol, gan ddiogelu llwybr pysgod mudol a lleihau nynyddiad dŵr halwynog dros Gored Caer adcg penllanw.



Gored Caer (Lerpwl y Llanu)

## Gweithredu'r Cynllun Rheoleiddio

Mae'n hynod o bwysig fod system aml-bwrpas Afon Dyfrdwy yn cynnal cydbwysedd teg rhwng amryw o fuddiannau, a'i bod yn cael ei gweithredu heb i unrhyw grwp arbennig o ddefnyddwyr osod cyfyngiadau gormodol arni. Sefydlodd Deddf Awdurdod Afonydd Dyfrdwy a Chlwyd 1973 Bwyllgor Ymgynghorol lle'r oedd buddiannau'r pluriplur dynwyr dŵr a defnyddwyr yr afon yn cael eu cynrychioli. Mae'r "Cyfarwyddiadau Cyffredinol", sef y rheolau cymhleth a ddefnyddir i weithredu'r system, yn cael eu paratoi gyda chynghor y Pwyllgor hwn, a bydd yn rhaid cael sêl bendith holl aelodau'r Pwyllgor cyn y gellir gweithredu'r amodau arbennig mewn cyfnod o sychdwr eithriadol.



Defnyddiwyd Cynllun Rheoli Afon Dyfrdwy mewn rhaglen ymchwil genedlaethol rhwng 1966 a 1976 i broblemau arbennig rheoli afonydd a gydgyssylltwyd gan y Bwrdd Adnoddau Dŵr/Canolfan Ymchwil Dŵr. Roedd y rhaglen ymchwil yn cynnwys mesur glawiad gyda radar, offer rhifo pysgod, modelu hydrolegol, rheolau dros reoli cronfeydd dŵr, a datblygu system delemetreg gyfrifiadurol.

Mae'r systemau telemetreg a ddefnyddir yng nghanolfan reoli'r Bala yn casglu gwybodaeth o gronfeydd, gorsafoedd mesur llifau afonydd a mesuryddion glaw. Derbynnir lluniau radar a lloeren o'r tywydd hefyd er mwyn helpu'r Swyddogion ar Ddyletswydd yn y Bala i benderfynu ar yr arllwysadau mwyaf priodol o'r cronfeydd dŵr.

Yn ystod rheolaeth lif-isel mae'r dŵr â ollyngir o'r cronfeydd dŵr a reolir yn cymryd bron dau ddiwrnod (gall fwrw glaw yn ystod y cyfnod hwn) i gyrraedd y prif fannau tynnu ger Caer, ond mae'r mesuriadau a'r system ragweld mor fanwl gywir fel bod llai na 5% o ddŵr yn cael ei ollwng mewn haf sych yn fwy na'r hyn sydd ei angen i lawr yr afon.

## Ffeithiau a Ffigurau

Cronfa Ddŵr	Dalgyllch (km <sup>2</sup> )	Arwynebedd Arwyneb(ha)	Cynhwysedd (m <sup>3</sup> x10 <sup>6</sup> )	Dŵr Ffo Cyfartalog m <sup>3</sup> /eil	mm/bl
Llyn Celyn	60	325	81	3.10	1590
Llyn Tegid	262	400	18	11.50	1380
Llyn Brenig	23	370	60	0.62	884
Cronfa Ddŵr Alwen	26	150	15	0.73	899

Mae'r dalgyllch hyd at Gored Caer yn 1816 km<sup>2</sup> gyda dŵr ffo naturiol cyfartalog o 36.8 m<sup>3</sup>/eil (639mm/bl); mae 16% o'r dalgyllch a 33% o'r dŵr ffo yn cael ei reoli gan cronfeydd dŵr.