

# Trębala, Bogumił

---

## Małe elektrownie wodne województwa płockiego

---

Notatki Płockie 40/3-164, 35-41

---

1995

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej [bazhum.muzhp.pl](http://bazhum.muzhp.pl), gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych oraz w kolekcji mazowieckich czasopism regionalnych [mazowsze.hist.pl](http://mazowsze.hist.pl).

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

# MAŁE ELEKTROWNIE WODNE WOJEWÓDZTWA PŁOCKIEGO

## I

Gdyby nie Wisła to województwo płockie byłoby ubogie w wodę, leży bowiem na obszarze najmniejszych w Polsce opadów: poniżej 500 mm rocznie, gdy średnia krajowa wysokość opadów przewyższa 600 mm na rok.

Oczywiście Wisła, największa polska rzeka niesie znaczną energię<sup>1</sup> do zagospodarowania i nie pasuje do niej pojęcie MEW, czyli "mała energetyka wodna". Udowodnia to zresztą zapora we Włocławku:<sup>2</sup> jest tam zainstalowanych 7 turbin o mocy 30 MW każda tj. do 210 MW łącznie. "Przełyk" jednej turbiny odpowiada zaś średniemu-niskiemu przepływowi Wisły w przekroju Płocka:  $Q = 350 \text{ m}^3/\text{s}$ . Łączny przełyk wszystkich:  $Q_{\text{max}} = 2100 \text{ m}^3/\text{s}$ , jest natomiast dużo mniejszy od przepływów powodziowych: w 1982 r. fala powodziowa miała  $Q = 4000 \text{ m}^3/\text{s}$ ., a największy zanotowany w ostatnim stuleciu sięgał  $NWQ = 11\ 000 \text{ m}^3/\text{s}$ . Taki już przypuszczalnie nie powtórzy się. Od 1936 r. kiedy taki notowano, wzrosła wyraźnie retencja w zbiornikach, w tym zwłaszcza: Goczałkowice, Tresna-Porąbka-Czaniec, Solina-Myczkowice, czy Rożnów i - niedługo-Czorsztyn. Ale stan z 1982 roku jest nadal prawdopodobny.

Lokalna sieć hydrograficzna jest na tym tle wręcz mała: największa rzeka Bzura ma średni przepływ:  $SQ = 16 \text{ m}^3/\text{s}$ ., a następna Skrwa Prawa /prawobrzeżna/ ma  $SQ = 5 \text{ m}^3/\text{s}$ ., a Skrwa Lewa:  $SQ = 1,6 \text{ m}^3/\text{s}$ .

## II

Chociaż te lokalne zasoby wodne nie są duże, niosą znaczącą energię kinetyczną. "Uprzywilejowany" tu jest prawy brzeg Wisły, bowiem różnica poziomów Wysoczyzny Płockiej i Wisły sięga 50 m. Cieki prawobrzeżne mają często cechy "górskie",.: płyną z dużym spadkiem, a energia ich wywołuje znaczną erozję, co wyraźnie widać w stałym pogłębieniu się jarów wszystkich cieków, nawet tak małych jak Brzeźnica.

Cieki lewobrzeżne mają cechy wybitnie nizinne: mały spadek, skłonność do zarastania i kolmatacji. Tu uzyskanie większego spiętrzenia wody potrzebnego dla zainstalowania turbosespołu jest trudniejsze, ale możliwe.

Sztuczne jezioro Soczewka powstało już przeszło 170 lat temu /około 1823/ jako źródło wody i energii dla papierni tam zbudowanej. Zostało zlokalizowane około 2 km od Wisły właśnie na lewym brzegu. Odsunięcie tak duże uwzględniało, zasięg cofki powodziowej na Wiśle. Bo wahania poziomu Wisły dochodziły do 6 m, natomiast budowle piętrzące /wał, śluzy/ nie przekraczają wysokości 4 m.

Do papierni /a później - pierwszej w woj. płockim - hydroelektrowni/ doprowadzono z jeziora wodę kanałem - "młynówką" długości około 1 km, obwałowanym.

To pozwoliło uzyskać spad ponad 7 m, za wyjątkiem okresu powodziowego, gdy papiernia przerywała pracę. Taka powódź została zanotowana w dokumentach papierni i Wisły m.in. w latach 1844 i 1845.

Większe różnice wysokości i to poza zasięgiem cofki w Wiśle występują na Skrwie Prawej, np. na zakolu pod Sikorzem różnica na 2 krańcach meandru przekracza 15 m.

Spad ma w energetyce takie samo znaczenie jak natężenie przepływu: energię strumienia wody wyraża wzór /1/:

$$N = Q \times H : 102$$

Ponieważ woda ma gęstość /masę/ właściwą  $m = 1 \text{ kg}/\text{dm}^3$ , mianownik podaje "moc" strumienia: w  $\text{kgm}/\text{s}$  jeżeli przepływ  $Q$  jest wyrażony w  $\text{dm}^3/\text{s}$  albo w  $\text{Mgm}/\text{s}$  gdy  $Q$  wyraża się w  $\text{m}^3/\text{s}$ . W mianowniku jest przelicznik na kW albo MW mocy. Jak widać i  $Q$  i  $H$  występują w iloczynie w pierwszej potęgze - są "zastępowalne".

Rzecz oczywista, że nie można technicznie całej energii strumienia przetworzyć na elektryczną. Część energii zostanie stracona na opory hydrauliczne przed i za turbiną, część wody musi stale płynąć korytem rzeki ze względów przyrodniczych, ponadto część spadu, część tej potencjalnej wysokości piętrzenia jest "niwelowana" przez wahań poziomu wody w funkcji przepływu. Wazącym czynnikiem jest też sprawność hydrauliczna i mechaniczna samego turbosespołu. A to zależy i od dobrego dobrania typu turbiny i od wielkości. Ostatecznie więc turbina może produkować energię obliczaną wzorem:

$$N_e = Q \times H \times e_w \times e_z : 102 = Q \times H \times e : 102$$

We wzorze tym oznaczono :

$e_w$  - sprawność "wewnętrzna" turbiny

$e_z$  - sprawność "zewnętrzna" hydroelektrowni

$e$  - sprawność ogólna hydroelektrowni

Turbiny wodne, zwłaszcza duże osiągają bardzo wysoką sprawność wewnętrzną, nawet do  $e_w = 0,95$ , mniejsze nie przewyższają  $e_w = 0,80$ , a np. bardzo dobre, wysokoprężne silniki spalinowe osiągają  $e_w = 0,35$ . Taką sprawnością charakteryzują się też turbosespoły parowe. Turbosespoły wodne - hydroturbogeneratory - to urządzenia wysokosprawne. Ale biorąc pod uwagę sprawność całkowitą, hydrowęzły są w stanie wykorzystać do 50 % energii potencjalnej. Tyle energii kinetycznej może wykorzystać elektrownia wiatrowa. Bo w elektrowniach wiatrowych trudno jest, ba nawet niemo-

żliwe, określić energię potencjalną wiatru.

Spróbujemy, po tej długiej dygresji, określić energię np. Skrwy Lewej na spiętrzeniu w Soczewce: przepływ średni  $SQ = 1,6 \text{ m}^3/\text{s}$

spad  $H = 7 \text{ m}$ ,

$$N = 1600 \times 7 : 102 = 110 \text{ kW}$$

Założmy sprawność ogólną hydrowęzła na takim stopniu:  $e = 0,50$ . Moc efektywna hydroelektrowni:

$$N_e = 110 \times 0,50 = 55 \text{ kW}$$

Oczywiście, moc zainstalowana powinna być większa, ażeby można było wykorzystywać i okresowo większe przepływy, jakich jezioro Soczewka nie wyrówna i produkować energię w dostosowaniu do potrzeb: więcej przy szczycie zapotrzebowania - w Soczewce - wieczorem.

Założmy, że produkcja energii trwa w roku 7000 godz.

Produkcja roczna:

$$P = 55 \times 7000 = 385 \text{ 000 kWh/rok}$$

Snując porównania dalej, można przyjąć że hydro-turbozespół o mocy około 100 kW zainstalowany na odpływie Skrwy Lewobrzeżnej w Soczewce jest odpowiednikiem, a raczej jest dużo efektywniejszy od turbiny wiatrowej o mocy 150 kW, z wirnikiem średnicy 24,6 m, zainstalowanej na wieży wysokości 32,7 m, w warunkach charakterystycznych dla Płocka - Trzepowo, przy czym obrys koła wirowania tej turbiny ma  $475 \text{ m}^2$ . Turbina Kaplana dla Soczewki zmieści się w rurze średnicy 1,0 m. Jeszcze korzystniej przedstawiają się walory hydrozespołów pracujących przy większym spadzie, łatwo osiągalnym na prawym brzegu Wisły.

Warto zwrócić uwagę i na to, że potentat w dziedzinie energetyki wiatrowej - Dania ma zainstalowane w sumie zaledwie 500 MW w "wiatrakach" /3550 sztuk.../. Odpowiada to zaledwie dwóm stopniom Kaskady Dolnej Wisły: Włocławek i ... Płock? Prawda jest taka, że Dania nie ma rzek wielkości Wisły... Ale mówmy o MEW.

### III

Już przed pierwszą wojną światową były w obrębie województwa płockiego instalowane turbiny wodne. Między innymi właśnie w Soczewce. Ta dostarczała potrzebnej energii dla /wówczas/ "największej w Królestwie Polskim papierni"<sup>3</sup>. Turbiny były w XIX wieku nowością. Zaczęły zastępować rozpowszechnione od wielu wieków koła wodne. Między innymi we młynie w Radotkach na Skrwie Prawej też została zainstalowana turbina wodna, a nie koło młyńskie. Oczywiście większość młynów miała nadal sprawne koła nadsiębierne, albo podsiębierne. Pierwsze wymagały spadu ponad 3 m, za to mniej wody, podsiębierne - mogły mieć spad nawet poniżej 1m, za to dużo wody. Młyny wodne, a i folusze tj. napędzane kołem wodnym urządzenia do spłśniania tkanin wetnianych, były praktycznie na wszystkich rzekach i potokach prawobrzeżnych, od

Skrwy Prawej po Brzeźnicę, Wierzbicę, Sierpionicę, Słupiankę, a nawet - Mień. Były także - pływające - na Wiśle. Wiadomo, że już w 1207 r. na Brzeźnicy stanął młyn - przypuszczalnie z kołem nadsiębiernym. Wybudował go scholastyk katedry płockiej za zgodą Konrada Mazowieckiego i biskupa Giedki. W XV wieku były już na Brzeźnicy trzy młyny, a w XVI - cztery. Ten ostatni ostatni z udokumentowanych był w okolicy Powsina<sup>4</sup>.

Weźmy pod uwagę, że potok Brzeźnica ma długość zaledwie 7 km! Jego zlewnia ma tylko  $76 \text{ km}^2$ , a przepływ średnioroczny wynosi w dolnym odcinku, czyli tam gdzie stanął młyn w 1207 r.,  $SQ = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ . W Powsinie - znacznie mniej. Ale Brzeźnica ma łączny spad ponad 50 m. Umiejętne spiętrzenie wody jazem w dogodnym miejscu i wykonanie drewnianego koryta "młynówki" po skarpie - do odległego około 400 m, dalej młyną, było technicznie dość proste w czasach budownictwa drewnianego. Dlatego właśnie prawy brzeg był i jest dogodnym miejscem instalowania M/aleji/ E/nergetyki/ W/odnej/. A przy tym takie budowle dość skutecznie ograniczały erozję jarów w jakich te ciekі płyną.

A było tych młynów wodnych już w XIX w ponad 500!

Na pewno na Skrwie Prawej, o długości 114 km, wypływającej z jeziora Skrwilno, a zasilanej z jeziora Urszulewskiego (przy czym te jeziora leżą na wysokości 140 m nad poziomem morza, zatem spad Skrwy Prawej przekracza 80 m) dawniej było takich młynów /tartaków, foluszy/ ponad 10, nie licząc młynów na dopływach.

W Sierpcu do dziś na Sierpionicy istnieją resztki 2 młynów. Jeszcze w okresie 20-lecia międzywojennego dominowała drewniana konstrukcja młynów i kół młyńskich. Konstrukcja nietrwała, zwłaszcza w strefie stykowej wody i powietrza. Tam następowała najintensywniej biologiczna degradacja drewna, pomimo że nasi przodkowie znali od dawna skuteczną impregnację drewna dziegciem i poprzez "osmalanie" /opałanie/. Praktycznie co 20 -30 lat trzeba było budować na nowo zespół napędowy młyna. Wprowadzenie muru i betonu nie przedłużyło znacząco trwałości takich budowli: cegła nasycona wodą przemarzała i szybko kruszała, beton był znów za mało elastyczny i niepodatny na odkształcanie podłoża - na ogół gruntu słabonośnego - był podmywany wodą i zgodnie z porzekadłem o "cichej wodzie" płynął z tą wodą przy powodziach, albo przy pochodzie lodów. Dla tego m.in. jest tak jak jest: mała retencja wody na ciekach Wysoczyzny Płockiej, te stawy przymłyńskie te oczka stawów rybnych stopniowo zaginęły, a jary się pogłębiły. Ponad 15 lat temu płynęliśmy kajakami Skrwą Prawą od Sierpca do Cierszewa. Mieliliśmy 10 "przenosek" kajaków. 2 przy zbyt niskich kładkach, 5 przy wywróconych na skutek podmywania brzegów rzeki drzewach, a tylko trzy przy nieczynnych młynach, w tym właśnie i w Radotkach. Wówczas nie wiedziałem jeszcze, że w tym to młynie kryje się zabytek techniki: XIX-wieczna turbina wodna!

### IV

Nie wiem kiedy wybudowano pierwszy jaz i młyn w Radotkach. Są poszlaki, że przeszło 100 lat przed przebudową i zainstalowaniem tam turbiny.

Stary młyn sponął doszczętnie w latach 30. XIX wieku.

Został odbudowany w II połowie XIX w., - już z cegły "licówki" na zaprawie "hydraulicznej", cementowo-wapiennej. Jaz pozostał jak dawniej, drewniano-kamienny. Na pewno nowością były stalowe stawidła, czyli zasuwy na dopływie wody do turbiny, wmurowane w ścianę nowego młyna i sama turbina.

Odbudowę rozpoczął ówczesny właściciel młyna i gruntu przy nim - Żyd Jachme. Od niego odkupił młyn i majątek przy nim, znany płocki przemysłowiec i handlowiec Stanisław Górnicki, by osadzić tam swą kochankę - panią Kucharską. Górnicki był m.in. współwłaścicielem płockiego syndykatu żeglugowego /spółka: Fajans + Górnicki + Ciechanowscy/, a w 1908 r. wybudował też w Płocku jedną z dwu elektrowni parowych. Wybudował w Radotkach bardzo ładny dworek, a być może też kończył budowę młyna i jego umaszynowanie.

Po śmierci St. Górnickiego powstał spór spadkowy, w wyniku którego całe gospodarstwo z młynem zostało sprzedane młynarzowi Konieczkowskiemu, a ten - w latach 20. XX wieku - podczas /po?/ kryzysu sprzedał młyn z majątkiem kolejnemu młynarzowi - Kolcowi. Po kryzysie lat 30. Kolec zrezygnował z napędu turbiną wodną /stała się napędem "rezerwowym" przy zanikach napięcia/, instalując we młynie napęd elektryczny: na drugim końcu długiego wału transmisyjnego, przechodzącego przez całą długość młyna, zaistalował trójfazowy, pierścieniowy silnik elektryczny o mocy 75 kW /na napięcie 380V/, przyłączony do zewnętrznej sieci elektrycznej. Oprócz maszyn młynarskich zainstalował też trak i uruchomił tartak. W takim stanie młyn przetrwał i II wojnę światową. Po wojnie był przez jakiś czas i młynem i tartakiem - z napędem zasadniczo elektrycznym, mimo tego zbankrutował i przestał być eksploatowany. Przerwa ta trwała około 20 lat.

Już podczas "stanu wojennego" - w 1982 r. odkupił od p. Kolca i młyn i całe gospodarstwo małżonkowie Leszek i Małgorzata Ogończyk- Mąkowscy. On - po szkole rybactwa morskiego, z dyplomem weterynarza, niedoszły armator trawlera na Oceanie Spokojnym, ale to ona była inicjatorką założenia gospodarstwa. Był to okres reglamentacji żywności, więc opłaciło się młyn uruchomić ponownie - z napędem elektrycznym nadal. Pracował do 1984 roku i znów, po kolejnych podwyżkach taryf za energię elektryczną, stał się deficytowy. Gospodarstwo rolne dawało utrzymanie, więc sam młyn został wydzierżawiony za symboliczną "złotówkę" dr. inż. Jędrzejowi Kosińskiemu z Włocławka, który adaptował turbinę, wał transmisyjny i nawet istniejący, a zbyt duży silnik elektryczny - na pierwszą uruchomioną w latach 80. w województwie płockim Małą Hydroelektrownię. Turbina została wyremontowana, tak samo jaz i układ rozrządu wody, jak też układ transmisyjny z turbiny na generator /dawny silnik/ energii elektrycznej. Oczywiście wymagało to całkowitej przebudowy instalacji elektrycznej, nowego układu zabezpieczeń i pomiaru energii produkowanej /gdy turbina pracuje/ i pobieranej z sieci państwowej /w okresach postoju i rozruchu turbiny/.

Okazało się przy tym, tak jak i w Soczewce, że spiętrzenie Wisły we Włocławku spowodowało i na Skrwie Prawobrzeżnej cofkę sięgającą dolnego, stanowiska

w Radotkach, zmniejszając efektywny spad, a tym samym i zmniejszenie mocy turbiny około 30 %. Na szczęście ten typ turbiny ma wystarczającą elastyczność pracy. Turbina ma oś pionową i osadzony na niej wirnik ca' 80 cm średnicy. Pod turbiną - dyfuzor sięgający od dna komory dopływowej aż poniżej najniższego poziomu wody na stanowisku dolnym /odpływ/. Dno komory dopływowej, okrągłej, otwartej u góry, jest podniesione powyżej poziomu wody stanowiska dolnego, ale poniżej poziomu wody na stanowisku górnym. Stycznie wykonany dopływ wody daje zawirowanie strug w tej komorze o kierunku zgodnym z kierunkiem obrotów turbiny. Oś turbiny jest wyprowadzona ponad najwyższy poziom wody w Skrwie powyżej jazu i zakończona dużym kołem "nadawczym" przekładni zębatej /"palcowej"/. Małe koło odbiorcze ma oś poziomą, krótką, zakończoną znów dużym kołem pasowym. Ta transmisja pasowa przenosi napęd na główny wał transmisyjny, osadzony na kozłach pod ścianą wzdłuż całego młyna. Szereg kół pasowych na nim pozwalał niegdyś przenosić napęd na poszczególne maszyny młyńskie. Dziś na końcu tego wału jest ostatnia przekładnia pasowa, przenosząc napęd i ustalone obroty na alternator - generator prądu zmiennego, trójfazowego 380 V.

Tylko część wody ze Skrwy jest kierowane na turbinę, więcej przelewa się przez jaz. Spad jest zmienny: im większy przepływ wody w Skrwie, tym mniejszy jest spad. Turbina ma więc regulację przepływu: więcej wody pobiera przy większym przepływie w Skrwie i tym sposobem produkuje 10 do 12 kW energii elektrycznej. Tyle wystarczyło /energii mechanicznej/ na potrzeby młyna, tyle może być /energii elektrycznej/ sprzedawane teraz z tej hydroelektrowni. Oczywiście sam sposób transmisji ma niską sprawność, a i turbina nie jest zbyt sprawna konstrukcyjnie, ale doceniemy: pracowała przed I wojną, - aż do II wojny światowej i - mimo zabytkowego charakteru - nadal pracuje.

## V

O Soczewce już sporo napisałem. Uzupełnię: papiernia zbankrutowała, a raczej została zamknięta podczas wojny - w 1915 roku. Po wojnie już nie została uruchomiona, natomiast część "energetyczna" dawnej papierni została w latach międzywojennych przebudowana na hydroelektrownię, wyposażona w nową turbinę Kaplana z generatorem prądu zmiennego 380 V, o mocy przypuszczalnie 150 kW. I to była pierwsza hydroelektrownia. Już później zainstalowana została stacja transformatorowa przetwarzająca napięcie na 15 kV. Tak wyposażona pracowała do końca lat sześćdziesiątych. Przerwano eksploatację tej hydroelektrowni z chwilą powstania Zalewu Włocławskiego. Wiązało się to bowiem m. in. z cofkowym podtopieniem ujścia "młynówki", a ściślej odpływu wody z hydroelektrowni do Wisły -podpiętrzenie wody w Soczewce przez zaporę we Włocławku wyniosło dla tzw. "niskiej" wody około 3,5 m.

Dotychczasowa charakterystyka turbiny stała się nieefektywna. Potrzeba było hydroelektrownię wyposażyć na nowo ....ponieważ hydroelektrownia w Soczew-



ce stanowiska ułamek procenta mocy hydroelektrowni we Włocławku /150 : 210 000 x 100 = 0,07 %/ przebudowę odłożono na później - po zrealizowaniu KASKADY - do czego do dziś nie doszło.

Po zaistniałych zmianach ustrojowych, po zmianach przepisów, m.in. i ustawy "Prawo Wodne", tak hydroelektrownia jak i jej urządzenia peryferyjne, m.in. "młynówka", zostały przekazane przez Energetykę gminie, a ta w 1987 roku ogłosiła przetarg na te obiekty.

Odкупił od gminy obiekty hydroelektrowni Jerzy Zalewski, elektryk, niegdyś pracownik Mazowieckich Zakładów Rafineryjnych i Petrochemicznych, który założył później w Płocku warsztat elektryczny i, jak mówi, umożliwiło to mu wykup i rekonstrukcję tej hydroelektrowni. A sam nie przypuszczał ile to zachodu i ile środków potrzeba na taki cel. Nawet formalno-prawnych: mogli nabyć działkę wraz z budynkami hydroelektrowni od gminy na własność, ale "młynówkę" uzyskał tylko "w użytkowanie" na 99 lat /tak stanowi Prawo Wodne/. A ta "młynówka" wymagała największego wysiłku inwestycyjnego: po awarii śluz w Soczewce "młynówka" została przy jeziorze zasypana. Po powodzi w 1982 r. zasypany został wylot "młynówki" do Wisły... 8 lat trwały roboty: - przy jeziorze Soczewka nowy węzeł krat i zasów do zamykania przepływu przez "młynówkę", a na odcinku zasypanym pod drogę - przepust rurą żelbetową o średnicy 1200 mm o długości około 4,0 metrów, - podobnie przy budynku hydroelektrowni potrzeba było wybudować rurociąg "naporowy", żelbetowy o średnicy 1200 mm długości przeszło 80 m ażeby zabezpieczyć Soczewkę przed ewentualną kolejną powodzią /jak w 1982 r./, - wreszcie remont i nowe wyposażenie samej hydroelektrowni w nowe turbiny i układy elektrycznego sterowania zabezpieczeń i pomiaru energii produkowanej tj. sprzedawanej do Zakładu Energetycznego i pobieranej w okresie gdy turbiny stoją.

Pan Zalewski skonstruował i zainstalował w swej hydroelektrowni 2 turbiny śmigłowe ze stałymi łopatkami wirników i ze stałymi kierownicami, wytwarzające prąd w generatorach asynchronicznych 380 V. Mają one różne wymiary, a zatem i moc: - mniejsza, o mocy 23 kW ma oś poziomą, a konstrukcję "odwróconej" pompy śmigłowej. Na wale jest czujnik obrotów pozwalający na zautomatyzowanie rozruchu i ograniczenie tzw. prądu rozruchowego /pobieranego w momencie rozruchu/. - większa, o mocy 70 kW ma oś pionową, a średnicę zasilania 600 mm. Oczywiście i wirnik większy i przelyk. Obie pracują praktycznie przy stałym spadzie: w jeziorze Soczewka poziom wody waha się około 15 cm, a w Wiśle /"dolna woda"/ w cyklu dobowym - około 50 cm. Tylko przy powodzi poziom może wzrosnąć w dolnym stanowisku o ca 4 m.

Podpisanie umowy z Zakładem Energetycznym w Płocku i rozpoczęcie produkcji nastąpiło w marcu 1995 r. Jest to więc "najmłodsza" z obecnie czynnych hydroelektrowni, ale z najstarszą "przeszłością" - hydroelektrownia istnieje w tym miejscu ponad 70 lat, chociaż w tym jest 26 lat przerwy w eksploatacji. I bardzo znacząca renowacja.

Aby przyspieszyć roboty związane z uruchomieniem

i podłączeniem, zaciągnął kredyt w Funduszu Ochrony Środowiska /400 mln "starych" zł/. Przedtem biegły wyśzacował poczynione przez niego nakłady na 2,5 miliarda zł /w cenach 1994 roku/. Odsetki od kredytu już zaczął spłacać. Kredyt znacznie spłacać po półrocznej pracy swej hydroelektrowni. Długi "rodzinne" też musi spłacić. Ale przy obecnej cenie energii elektrycznej, przy produkcji wyliczonej na 600 mln zł/rok /ceny 1994r./ ma szansę spłacić wierzycieli za 2-3 lata. Oczywiście reprodukcja kapitału własnego nastąpi po około 6 latach, chyba że znów zmieni się na niekorzyść przepisy podatkowe i ceny płacone przez Energetykę...

Jest jednak optymistą. Nie bez powodów. Jednak poniesione nakłady są relatywnie bardzo małe. Trud tych ośmiu lat daje już owoce. Rzeczywiście zrekonstruował Małą Elektrownię Wodną i to taką "z prawdziwego zdarzenia".

## VI

Duże potencjalne możliwości cieków prawobrzeżnych Wisły są wykorzystywane w znacznie mniejszym stopniu niż Skrzy Lewobrzeżnej. Jest to widoczny skutek "zdżyczenia" tych cieków. Po dawnych budowach piętrzących pozostały tylko nieliczne ślady. Jary uległy wyraźnemu pogłębieniu przez procesy erozyjne i już nie da się odtworzyć dawnego zagospodarowania. Trzeba by zaczynać jakby od "zera". Wiem o przygotowaniach do rekonstrukcji dawnych jazów w 2-3 punktach, ale sprawy formalne i strona techniczna tych zamierzeń nie są zachęcające. Szkoda, bo warto sobie zdawać sprawę z tego że MEW /Mała Energetyka Wodna/ to nie tylko uzyskiwanie nieodwracalnie traconej energii, to jest też skuteczna ochrona jarów przed zbyt szybką, wręcz szkodliwą erozją: powywracane drzewa, urwiste brzegi jaru np. Skrzy w Parku krajobrazowym koło Brudzenia. To nie "pierwotna natura", nie relikty geologiczne, to dowód właśnie złej gospodarki wodnej, brak urządzeń do niszczenia, a raczej do odzyskania energii potencjalnej cieków, która wywołuje właśnie stałe powiększanie meandrów, aż do kolejnego, wystąpienia przełomu. Można znacznie spowolnić te procesy erozyjne właśnie przez kaskadową "zabudowę" Skrzy Prawej i jej dopływów.

Tylko skąd na to środki? Właśnie z braku środków na zabudowę rzek prawobrzeżnych obiekty MEW są nieliczne, wbudowane w jeszcze istniejące budowle piętrzące w Soczewce i w Radołkach. Ze takie są obecne uwarunkowania można udowodnić śledząc dwie dalsze hydroelektrownie /małe.../ na prawym brzegu Wisły.

## VII

Już przeszło 25 lat miasto Płock, jego część prawobrzeżna oczyszcza swoje ścieki w Maszewie. Przedtem, przez kilkadziesiąt lat spływały nieoczyszczone przez wyloty w ujściowym odcinku Brzeźnicy. Teraz są przetłaczane z pompowni przy ulicy Jasnej do "górnego" kolektora w ul. Maszewskiej/Medycznej i płyną na odległość około 2 km od szpitala Oczyszczalnię wybudowaną na nieco niższej od Wysoczyzny Płockiej "terasie" Wisły.

Po oczyszczeniu ścieki odpływają do Wisły kaskadą

o wysokości około 10 m. Ilość ścieków dużego miasta jakim jest Płock, jeat w porównaniu do podmiejskich rzek, niezbyt duża: około 30 000 m<sup>3</sup>/na dobę, czyli średnio Q = 0,35 m<sup>3</sup>/s. Ten strumień ma jednak zalety: odpływa obudowanym, uporządkowanym kanałem w sposób znacznie bardziej równomierny niż woda w rzekach. No i znaczny spad do dyspozycji!

Znalazł się prywatny przedsiębiorca, zawarł stosowne umowy z Przedsiębiorstwem Wodociągów i Kanalizacji w Płocku i na zainstalowanie hydroturbozespołu oraz na sprzedawanie produkowanej energii do sieci niskiego napięcia /380 V/ na Oczyszczalni. I taką hydroelektrownię zainstalował. W bardzo prosty sposób: ze studni górnej - około 10 m nad zwierciadłem normalnego poziomu wody w Wiśle wykonał dość krótki rurociąg naporowy średnicy 40 cm, wprowadzając go do najniższej położonej studni. Tam na jej końcu została zainstalowana pompa diagonalna, pionowa, pracująca jako turbina z łopatkami stałymi, której "silnik" asynchroniczny pracuje teraz jako generator. W studni górnej zabudował zastawkę przelewową. Oczywiście po stronie elektrycznej zainstalowany został układ zabezpieczeń, pomiaru i rozruchu turbiny. Gdy zastawka jest założona, ścieki płyną przez turbozespół, oddają swą energię potencjalną "turbinie" w postaci energii elektrycznej i odpływają ze studni dolnej do Wisły tak jak przed zainstalowaniem turbozespołu. Może sprawność turbiny nie jest zbyt wysoka, ale moc oddawana średnio jest już większa niż hydrozespół w Radotkach. Obliczmy:

$$N = 350 \times 10 \times 0,6 : 102 = 20 \text{ kW}$$

Ponieważ nadmiar ścieków na przykład podczas ulewy w Płocku, może się nadal przelewać "starą" drogą - kaskadą, hydrozespół może pracować pod stałym naporem i przy stałym przepłyku, a to znacznie upraszcza układ elektryczny.

Prawda jest taka, że potrzeby Oczyszczalni są znacznie większe niż produkcja tej hydroelektrowni, ale nawet przy pracy tylko przez 6000 godzin w roku produkcja wynosi

$$E = 20 \times 6000 = 120.000 \text{ kWh/rok}$$

a to już po 2 latach zwróciło poniesione nakłady.

Na marginesie warto powiedzieć, że Oczyszczalnia w Maszewie ma jeszcze inne, większe źródło odzysku energii ze ścieków, tym razem - cieplnej. Osady ściekowe są po uśrednieniu, oczyszczeniu i zagęszczeniu kierowane do Wydzielonej Komory Fermentacji /WKF/ metanowej.

Produkowany w niej biogaz: metan zanieczyszczony dwutlenkiem węgla i siarką, jest po odsiarczeniu, źródłem ciepła i dla ogrzewania WKF i dla lokalnej kotłowni ciepłowniczej. Produkcja biogazu przekracza  $G = 30 \text{ m}^3/\text{h}$ , ciepło spalania przewyższa  $q = 12 \text{ 000 kJ/m}^3$ .

Energia cieplna odzyskiwana w gazie wynosi więc:

$$N = 30 \times 12000 : 3600 = 100 \text{ kWh/h}$$

Odzysk energii z osadów jest co najmniej pięciokrotnie większy niż energii ze strumienia ścieków, ale hydrozespół daje energię "czystą" tj. bez spalin. Gaz trzeba spalać - pozostają spaliny.

## VIII

Jeszcze więcej energii elektrycznej dostarcza czwarta w województwie płockim hydroelektrownia, - druga zasilana ściekami.

Oczyszczone ścieki Mazowieckich Zakładów Rafinerijnych i Petrochemicznych, czy w nowej nazwie: PETROCHEMII Płock odpływają już ponad 30 lat kolektorem zakończonym kaskadą o wysokości około 30 m - wykonaną jako 11 studni przepadowych, - każda ze "stopniem" ponad 2,5 m. Już od kilku lat odpływ ścieków z kombinatu został "ustabilizowany" i wynosi około 0,4 m<sup>3</sup>/s.

Przed powstaniem Zalewu Włocławskiego ścieki odpływały do Wisły na rzędnej około 55 m npm, rurą o średnicy 1200 mm, tylko okresowo podtapianą, przy wodzie "powodziowej" w Wiśle. Włączenie zapory we Włocławku, do eksploatacji podniosło poziom normalny Wisły w Płocku do rzędnej 57,30 m npm. Dawny odpływ został zatopiony i z czasem uległ całkowitemu замуłeniu. Ścieki wyływały do Wisły charakterystycznym "gejzerem" z przedostatniej, też całkowicie zatopionej studni.

Po 20 latach eksploatacji kaskady Politechnika Warszawska dokonała ekspertyzy stanu technicznego kolektora ścieków oczyszczonych i wówczas okazało się, że odcinek kolektora o małym spadku jest jeszcze w dobrym stanie technicznym, natomiast kaskada została już znacznie uszkodzona i trzeba ją wyłączyć do remontu.

Jest to w zasadzie rzecz oczekiwana, - wszystkie jazy na ciekach prawobrzeżnych wykazują techniczną sprawność na ogół około 30 lat.

Jest to też dowód, że nieodzyskana energia wody wywołuje, bo taka jest jej moc, bardzo silną erozję.

Przystąpienie do remontu przy burzliwym przepływie ścieków jest praktycznie niemożliwe. Trzeba było zaprojektować rozwiązanie zastępcze, po prostu "drugą drogę" odpływu ścieków, która dopiero umożliwi remont kaskady. I jako "drugą drogę" zaprojektowano linię naporową ścieków zakończoną hydroelektrownią do odzysku, zamiast niszczenia, energii płynącej kaskadą wody /tu oczyszczonych ścieków/. W taki to sposób powstała największa z 4 pracujących w woj. płockim hydroelektrownia: ma zainstalowaną jedną turbinę Franciszka /wyprodukowaną w Blansku w Czechach/ o mocy 150 kW. Przeciętnie uzyskuje się moc około 100 kW tj. produkuje miesięcznie około 70 000 kWh energii elektrycznej.

Hydroelektrownia ta została zrealizowana w dość trudnych warunkach terenowych:

- betonowa sztolnia odpływowa i sam budynek hydroelektrowni /zagłębiony około 7 m pod powierzchnią/ zostały wybudowane w wale piachu narefulowanego wzdłuż prawego brzegu Wisły od mostu w Płocku do Maszewa po powodzi w 1982 r.,

- rurociąg naporowy o długości około 300 m i średnicy 600 mm został poprowadzony "suchym" jarem wyerodowanym przez wody opadowe w skarpię Wysoczyzny Płockiej. Rurociąg pokonuje różnicę 30 m wysokości.

Przy tym środkowa jego część ma nachylenie 30 %. Ten rurociąg został "odgałęziony" od najwyższej studni istniejącej kaskady, poprzez dodatkową studnię rozrządową z zasuwami i kratami dla usuwania zanieczyszczeń mechanicznych... Tak, tak, trzeba było wybudować kraty, bo okazało się, że kanał odpływowy oczyszczonych ścieków z PETROCHEMII już na swej trasie o długości około 3 km, jest wykorzystywany przez okolicznych "użytkowników" gruntów rolnych /niestety, głównie działkowiczów/ jako system ewakuacji śmieci!

- droga dojazdowa w rejon ujścia ścieków została wykonana jako przedłużenie ulicy Sosnowej. Ale by nie naruszyć nadmiernie, a raczej żeby ustabilizować skarpe w tym obszarze, wykonano dość duży nasyp łagodzący spadek drogi- wykorzystując właśnie narefulowany odkład. Mimo tego spadek dojazdu przekracza miejscami 20 %,

- linia elektroenergetyczna została wykonana napowietrznie na słupach usytuowanych w niecce przez którą przechodzi dotychczas eksploatowana kaskada. I tu też smutne świadectwo "naszych" czasów: linia napowietrzna uznana została za bezpieczniejszą niż kablowa... nie tylko ze względu na potencjalne ruchy gruntu /osuwiska/, ale i dla utrudnienia dostępu ludzi "zainteresowanych" /złodziejstwo/,

- ważnym dla bezpieczeństwa skarpy było wykonanie i pod drogą i pod rurociągiem naporowym specjalnego drenażu zabezpieczającego nawierzchnię drogi i rurociąg przed skutkami spływu wody /likwidacja ewentualnego "ciśnienia spływowego"/.

Projektowanie i uzgadnianie zamierzenia trwało 4 lata. Budowa - 2 lata. Montaż turbozespołu i układu sterowania - 3 miesiące, rozruch - też 3 miesiące. Hydroelektrownia oddana została doeksploatacji - 22 grudnia 1994 r.

Już w pierwszym okresie eksploatacji wystąpiło kilka "przygód":

a/ po tygodniu pracy napłynął zwój folii użytej na działkach na tunele foliowe, co zmusiło projektantów do zainstalowania podwójnych krat,

b/ "niesprawnym" okazał się kabel sygnalizujący poziom wody w górnej studni - rozrządowej. Trzeba było zmienić sposób pomiaru, przenieść go do wnętrza hydroelektrowni, rezygnując z precyzji. Na szczęście budynek hydroelektrowni jest wyposażony w system antywłamaniowy z radiową łącznością z kombinatem i służby mają możliwość interwencji w ciągu kilkunastu minut. Dlatego nadal hydroelektrownia pracuje bezobsługowo, tylko pod tym zdalnym nadzorem. Tak to jest.

Mimo tego pracuje i co najistotniejsze, stwierdzone uszkodzenia kaskady już nie nasączają skarpy wodą. Kaskada niedługo będzie remontowana i ona będzie "drugą drogą" odpływu ścieków.

Ekonomia? Analizowano koszt drugiej kaskady zamiast rozwiązania wykonanego. Praktycznie żadna róż-

nica w nakładach - rozwiązanie zrealizowane "zamknięto" w nakładach 6 mld zł /w 1994 roku/.

## IX

W rozdziale II napisałem, że uzyskanie dogodnych warunków dla turbozespołu na ciekach lewobrzeżnych jest trudniejsze, ale możliwe. Potwierdza to realizowany już od około 15 lat program "Bzura".<sup>7</sup> Jest to program melioracji, ale pojętych nowoczesnie: przede wszystkim jako powiększenie retencji wody i podwyższenie poziomu wody gruntowej na torfowiskach dorzecza Bzury między Łowiczem, Kutnem i Piątkiem, tj. m.in. tam gdzie podczas suszy i upałów te torfowiska płonęły. Ten program jest realizowany przez Wojewódzki Zarząd Melioracji w Płocku, a polega m.in. na wykonaniu na Bzurze szeregu progów - jazów piętrzących wodę na odcinku Bzury od Łęczycy aż do granic województwa w rejonie Kutna. Przeważnie piętrzenie wody nie jest duże, nieoptyczne dla turbin. Jednak jeden jaz - w Woli Kalkowej będzie miał piętrzenie już atrakcyjne bo 290 cm. I ten jaz ma oprócz trzech prząseł z zastawkami piętrzącymi także komorę do zainstalowania turbogeneratorskiego z turbiną Kaplana i możliwość zainstalowania transformatora oraz oddawania za jego pośrednictwem energii elektrycznej do pobliskiej sieci, analogicznie jak jest to realizowane w Soczewce, czy w hydroelektrowni na ściekach. Sam jaz już jest praktycznie gotowy wraz z komorą dla turbin. I będzie to w najbliższym czasie kolejna MEW o zdolności produkcyjnej 0,48 GWh energii elektrycznej rocznie, przy mocy zainstalowanej turbiny około 60 kW. Rolnictwo ma jednak dziś braki finansowe, więc Zarząd Melioracji postanowił ogłosić przetarg na "prywatną" hydroelektrownię na podobnych warunkach jak eksploatuje ją pan Zalewski w Soczewce. I jestem pewien, że taki kontrahent znajdzie się.

## Podsumowanie

1/ Zarówno energia wody jak i wiatru zaliczane są do "białej", czyli uzyskiwanej zasadniczo bezodpadowo. Przy tym ich specyficzną cechą jest niemożliwość dłuższego magazynowania. Praktycznie energia wiatru w ogóle nie może być zmagazynowana: nie wykorzystana ulega rozproszeniu, a może powodować i huraganowe straty. I dlatego wielka szkoda, że na przestrzeni ostatnich 100 lat istniejące dawniej małe, a rozproszone urządzenia do wykorzystywania tej "białej" energii uległy praktycznie zanikowi. I dobrze, iż powstają organizacje wspierające rekonstrukcję MEW /i wodnej i wiatrowej.../.

2/ W odniesieniu do wody istotnym jest i to, że energia nie wykorzystywana jest przesłanką zwiększonych szkód, zwiększonej erozji rzek. Dotyczy to i "małej" i "dużej" energetyki. To właśnie powinno być podstawowym elementem rachunku techniczno-ekonomicznego dla kaskadowania rzek i odzysku energii. Kaskadowanie musi uwzględniać wszechstronne wykorzystanie takiej retencji: dla energetyki, ale i dla rybołówstwa, dla komunikacji i dla regulacji stosunków wodnych, a przede wszystkim dla spowolnienia procesów erozji gruntów.

3/ Woda jest znacznie bardziej skumulowanym źródłem energii niż wiatr, a przy tym bardziej dostoso-

wanym do zaspokajania potrzeb, ba, jest to źródło najdogodniejsze do regulowania produkcji energii elektrycznej w dostosowaniu do chwilowego zapotrzebowania. Takiej właściwości nie ma żadne inne źródło, ani węgiel, ani paliwa ciekłe, czy gazowe. Także wiatr.

4/ Nie łódźmy się jednak, że MEW jest w stanie zastąpić duże hydroelektrownie. Jedna hydroelektrownia na Brdzie /Zalew Koronowski/ ma większą moc: 26

MW, niż potencjalne możliwości MEW /wodnej i wiatrowej/ województwa płockiego. Dwa stopnie na Wiśle dolnej to więcej energii elektrycznej niż wszystkie elektrownie wiatrowe np. Danii. A prawdą jest, że im mniejsza na przykład hydroelektrownia, tym większe są jednostkowe nakłady materiałów i robocizny /a łącznie - kosztów/ dla uzyskania tej "białej" energii.

#### Przypisy:

<sup>1</sup> Do napisania niniejszego artykułu skłoniły mnie 2 artykuły opublikowane w "Notatkach Płockich" nr 3/160 z 1994 r., a dotyczące budowy elektrowni wiatrowych /opr. K. Hapka i J. Pysiaka oraz H. Lorenc/. Dane z tego ostatniego wykorzystałem do porównań.

<sup>2</sup> Wszystkie opisane hydroelektrownie oglądałem co najmniej raz. Ich najważniejsze parametry mam w swych zbiorach. Dotyczy to także danych hydrologicznych, rozproszonych w różnych źródłach /w moim posiadaniu/.

<sup>3</sup> Dane historyczne dotyczące jeziora Soczewka zaczerpnąłem z monografii "Dzieje Płocka" wydanej przez TNP w 1973 r. Uzupełniłem je także z innych źródeł. Dużo informacji uzyskałem od obecnego właściciela hydroelektrowni pana J. Zalewskiego, za co w tym miejscu dziękuję.

<sup>4</sup> Dane o młynach wodnych czerpałem też z Dziejów Płocka oraz publikacji 500-lecie woj. płockiego w liczbach 1495-1995 wydanej przez WUS i TNP,

uzupełnionej własnymi obserwacjami.

<sup>5</sup> Historię młyna w Radołkach usłyszałem od obecnej właścicielki pani Małgorzaty Okończyk-Mąkowskiej (Jej też serdecznie dziękuję), uzupełniając informacjami z innych źródeł.

<sup>6</sup> Byłem głównym projektantem hydroelektrowni na ściekach PETROCHE-MII, uczestniczyłem w jej rozruchu i przy usuwaniu opisanych "kłopotów". Wszystkie dane zawarte w części VIII pochodzą z opracowań wykonywanych z moim udziałem, albo wprost przeze mnie.

<sup>7</sup> Informację o rozpoczęciu budowy hydroelektrowni na Burze w Woli Kalkowej uzyskałem od dyrektora WZMiUW mgr inż. K. Paczkowskiego. Korzystałem też z zamieszczonej w nr. 51/61/95 dodatku "Ziemia Kutnowska" notatki pt "Pierwsza hydroelektrownia wodna" (NTP z dn. 24.12.95)