

Est, A - 3707

II Baltische hydrologische und hydrometrische Konferenz.
Tallinn, 17—22 Juni 1928.

Die Wasserkraftanlage Linnamägi am Fluss Jaggowal

Von
Ing. K. KELTSER, Estland

TALLINN
Herausgegeben vom Verkehrsministerium Estlands
1928

II Baltische hydrologische und hydrometrische Konferenz.

Tallinn, 17—22 Juni 1928.

Die Wasserkraftanlage Linnamägi am Fluss Jaggowal.

Est.

Von Ing. K. Keltser, Estland.

artu Ülikool
aamatukogu

49/25

Allgemeines.

26110

Der Fluss Jaggowal, dessen Quellgebiet im Jerwenschen Kreise beim Gute Kaulep liegt, hat eine Gesamtlänge von ca. 90 km und mündet in den Finnischen Meerbusen ca. 30 km östlich von Reval. An Nebenflüssen nimmt der Fluss rechts drei Bäche und links einen auf. Sämtliche Nebenflüsse entspringen in Sümpfen, die, neben grossen Waldungen, einen beträchtlichen Teil des Flussgebietes ausmachen, das insgesamt eine Fläche von 1800 qkm aufweist.

Das Gefälle des Flusses ist sehr wechselnd: im oberen Drittel des Flusslaufes erreicht es stellenweise 2,1 m pro 1 km; im mittleren Drittel schwankt es von 0,15 m bis zu 1 m pro 1 km, wobei es ausnahmsweise 1,77 m pro km erreicht; im letzten Drittel, und zwar ca. 3 km der Flussmündung, erreicht es seinen grössten Wert mit ca. 11,6 m/km. Hier befindet sich der Jaggowalsche Wasserfall, der eine Fallhöhe von 8,5 m aufweist. Unterhalb des Wasserfalles strömt der Fluss in Stromschnellen dem Meere zu und hat hier bis zur Mündung noch ein Gefälle von ca. 14 m.

Die Wasserkraft des Flusses ist in 6 Wasserkraftanlagen und drei Wassermühlen ausgenutzt. Dem Flusslaufe folgend haben wir folgende Anlagen zu verzeichnen.

1) Die Holzschleiferei „Kaunissaar“, ca. 3 km südlich der Bahnlinie Reval—Taps, installierte 225 PS bei 3,40 m Gefälle und einer mittleren Jahresproduktion von 650 tons lufttrockenem Holzstoff.

2) Die Kraftanlage „Annia“, installierte 140 PS, bei 1,80 m ausgenutztem Gefälle. Die Anlage versorgt den Rayon der Station Raasik mit Kraft und Licht.

3) Die Holzschleiferei „Saunia“, installierte 150 PS bei 2,00 m, ausgenutztem Gefälle, mit einer Jahresproduktion von 500 tons Holzstoff.

4) Die Holzschleiferei „Tammik“, installierte 300 PS bei 3,20 m ausgenutztem Gefälle mit einer mittleren Jahresproduktion von 1200 tons Holzstoff.

5) Die Holzschleiferei „Jaggowal“, installierte 1800 PS bei 18,00 m ausgenutztem Gefälle.

6) Die Kraftanlage „Linnamägi“, installierte 1500 PS bei 11,40 m ausgenutztem Gefälle.

Die Holzschleiferei „Jaggowal“ liegt unterhalb des Wasserfalles und nutzt das Gefälle desselben aus, die Kraftanlage „Linnamägi“ liegt ca. 2 km unterhalb, ca 1/2 km von der Flussmündung entfernt. Der in der Kraftan-

lage „Linnamägi“ gewonnene Strom wird vermittelt einer Fernleitung der Holzschleiferei „Jaggowal“ zugeführt. Beide Anlagen zusammen weisen eine mittlere Jahresproduktion von 11 000 tons lufttrockenem Holzstoff auf.

Insgesamt sind somit im Flusslauf 4115 PS installiert, was von der seitens Ingenieur A. Wellner errechneten Rohwasserkraft von 4718 PS 87% ausmacht. Es kann demnach angenommen werden, dass die Wasserkraft des Flusses nahezu voll ausgenutzt ist, ein Umstand dessen Begründung wohl hauptsächlich im Waldreichtum des Flussgebietes zu suchen ist.

Was die Abflussverhältnisse anbetrifft, so muss konstatiert werden, dass —so sonderbar das in Anbetracht der grossen Zahl von Wasserkraftanlagen klingen mag—regelmässige Wassermessungen nicht vorliegen. Ein systematischer hydrometrischer Dienst hat am Fluss Jaggowal nie existiert und die ersten Kraftanlagen sind mehr oder weniger gefühlsmässig, auf Grund zufälliger Messungen und Beobachtungen, berechnet worden. Für die Anlagen jüngeren Datums lagen für die Bestimmung des Mittelwassers verhältnismässig genügende Daten vor, während für das Hochwasser die Daten gänzlich unzureichend waren. Die Beobachtungen beim Bau der Wasserkraftanlage Linnamägi haben für den untersten Flusslauf, unterhalb der Einmündung des letzten Nebenflusses, folgende Zahlen ergeben. Bei Niedrigwasser — etwa im Januar und Februar, zuweilen auch Mitte Juni bis Mitte Juli, — fällt die Wassermenge auf 1.5 — 2 cbm je Sekunde; bei Hochwasser — im April — steigt die Wassermenge bis auf 200 — 250 cbm je Sekunde. Die letztgenannte Abflussmenge ist im April 1924 festgestellt worden. Die Mittelwassermenge beträgt 7,5 — 9 cbm je Sekunde.

Da direkte Wassermessungen fehlen, haben wir den Versuch gemacht die Abflussverhältnisse nach der Produktion der schon längere Zeit arbeitenden Kraftanlagen zu bestimmen. Diese Berechnungen, die einen Zeitraum von 11 Jahren umfassen, ergeben für die Abflussverhältnisse folgendes Bild:

Für das Jahr haben wir im Mittel Tage mit $Q > 13,5$ cbm/sek — 52 Tage oder 15%; mit $Q = 10 - 13,5$ cbm/sek — 106 oder 31%; mit $Q = 7 - 10$ cbm/sek — 73 oder 21%; mit $Q = 3,5 - 7$ cbm/sek — 81 oder 24%, mit $Q < 3,5$ cbm/sek — 28 Tage oder 9%.

Im Verhältnis zum mittleren Jahr sind die Betriebswassermengen im wasserreichen Jahr, wie z.B. 1916, um 50% grösser, im wasserarmen Jahr, wie 1917, um 30% kleiner gewesen, als im mittleren Jahr.

Es soll nicht unerwähnt bleiben, dass der Fluss mehrere Hochwasserperioden hat. Ausser dem Frühjahrshochwasser haben wir noch eine Hochwasserperiode im Sommer (Juli—August) und im Herbst (Oktober—November) zu verzeichnen. Im August 1923 haben wir Gelegenheit gehabt ein Hochwasser von 80 cbm/sek und im November desselben Jahres von 120 cbm/sek zu beobachten. Es kann wohl angenommen werden, dass die Abflussverhältnisse aller in den Finnischen Meerbusen mündenden estländischen Flüsse ähnliche sein werden, daher ist es ratsam bei Bau von Wasserkraftanlagen in Nordostland mit dem Eintreten von Hochwässern während der Bausaison zu rechnen und entsprechende Massnahmen vorzusehen.

Professor A. Juselius, Helsingfors, hat in seinem Projekt der Wasserkraftanlage in Linnamägi den Vorschlag gemacht die Wassermengen für

Nordestland nach den finnischen Normen für Süd-Finnland zu berechnen, die den Abfluss pro ha des Vorflutgebietes angeben. Dabei ergeben sich für unser Flussgebiet von 180 000 ha folgende Zahlen:

- a) Hochwasser $0,001 \times 180\,000 = \text{cbm/sek.}$
- b) Mittelwasser $0,000\,092 \times 180\,000 = 16,56 \text{ cmb/sek.}$
- c) Niederwasser $0,000\,034 \times 180\,000 = 6,12 \text{ cbm/sek.}$

Wie aus diesen Zahlen ersichtlich, ergeben diese empirischen Formeln in unserem Fall für das Hochwasser zu geringe und für das Mittel- und Niederwasser zu hohe Werte.

Es wäre jedenfalls lohnend den Versuch zu machen für Nord-Estland eine empirische Formel für den Abfluss pro ha Vorflutgebiet festzustellen, wozu natürlich vieljährige systematische Wassermessungen an einer ganzen Reihe von Flüssen vorzunehmen wären.

Die Wasserkraftanlage Linnamägi.

A. Das Projekt.

Zeitlich die jüngste und technisch die interessanteste Kraftanlage am Jaggowalschen Fluss ist die Wasserkraftanlage Linnamägi, die in den Jahren 1922—1924 von der Nordischen Papier und Zellstoffwerke A/G. erbaut worden ist, der an demselben Fluss die Tammiksche und Jaggowalsche Holzschleifereien gehören. Als Hauptmotiv zum Bau dieser Anlage ist wohl der Wunsch der Nordischen Papier- und Zellstoffwerke A/G. anzusehen ihren Bedarf an Holzstoff durch die Produktion in eigenen Holzschleifereien decken zu können. Der Gedanke, das Gefälle des Flusses unterhalb des Wasserfalles auszunutzen, entstand im Jahre 1916 während des Baues der Jaggowalschen Holzschleiferei. Mit der Ausarbeitung des Projektes wurde Professor A. Juselius, Helsingfors, beauftragt, der das Projekt im Sommer 1917 fertigstellte. Die Ausführung des Projektes wurde durch die politischen Verwicklungen der Kriegs- und Revolutionsjahre verzögert und erst 1922 bot sich die Möglichkeit zum Bau schreiten zu können.

Die Anlage selbst stellt ein festes Betonwehr dar, das eine Cesamtlänge, quer zum Flusslauf, von 170 m besitzt. Der rechtsseitige Uferanschluss schneidet sich um 57 mtr in das Ufer ein; unmittelbar an den Uferanschluss schliessen sich die 3 Turbinenkammern an, an deren luftseitige Wand das Krafthaus angebaut ist. Neben den Turbinenkammern liegt in der Längsrichtung des Wehres der Grundablass, der eine lichte Oeffnung von 3 m hat. Linksseitig grenzt an den Grundablass die Fischtreppe, an die das Ueberfallwehr sich mit einer Ueberfalllänge von 40 m anschliesst. Der linke Uferanschluss, der den Ueberfall begrenzt, schneidet um 42 m in das Flussufer ein. (Fig. 1).

Die Höhe des Wehres über der Flusssohle beträgt wasserseitig 11,80 mtr; die Krone des Ueberlaufes liegt 9,94 m über der Flusssohle. Die Flusssohle besteht hier aus einer 0,60—1,00 m mächtigen neokambrischen Sandsteinschicht, unter der der kambrische blaue Ton, durchsetzt von dünneren bis 0.10 m starken Sandsteinschichten, liegt, der eine Mächtigkeit von ca. 90 m aufweist.—Die einzelnen Teile des Wehres sind sowohl im Quer-, wie im Längsschnitt verschieden tief unter der Flusssohle auf dem blauen Ton fundiert. Durchgehend über die ganze Länge des Wehres sind jedoch

Wasserkraftanlage Linnamägi

Übersichtsplan.

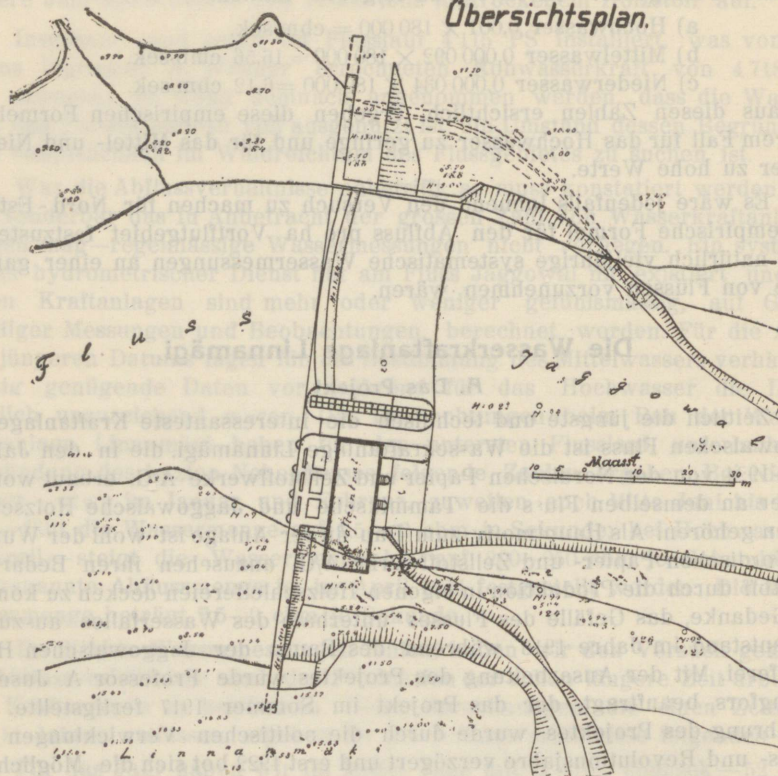


Fig. 1.

zwei Grundmauern, eine wasser—die andere luftseitig angeordnet, die um 5 m in die Flusssohle einschneiden. Die Stärke dieser Grundmauern beträgt 3,50 m. Um etwaige Sickerungen unter der Wehrsohle zu erschweren, sind in der wasserseitigen Grundmauer zwei durchgehende Linien von Spundwänden angeordnet, die auf Sacktuchunterlagen auf die Gründungssohle festgerammt sind. Ausserdem ist der Schlitz zwischen Boden und Grundmauer auf eine Höhe von 1 mtr. mit Zementmörtel 1 : 3 ausgefüllt. (Fig. 2).

Die Uferanschlüsse stellen trapezförmige Staumauern mit einer Kronenbreite von 1 m dar. Sie haben soweit sie aus der Böschungslinie der Ufer hinausragen, wasserseitig eine Anschüttung aus Ton und luftseitig aus Sand erhalten.

Die Turbinenkammern haben Schützenöffnungen, deren Unterkante 7,50 m über der Flusssohle und 2,44 m unter dem normalen Stauspiegel liegt. Die Turbinen—drei Francis-Zwillings-Turbinen von je 480 PS bei 10 m. Gefälle — sind auf der Sohle der Turbinenkammern 4,10 m über normalen Unterwasserspiegel montiert und direkt mit den im Krafthaus befindlichen Generatoren gekuppelt. (Fig. 3).

Wasserkraftanlage Linnamägi.

Querschnitt durch das Wehr.

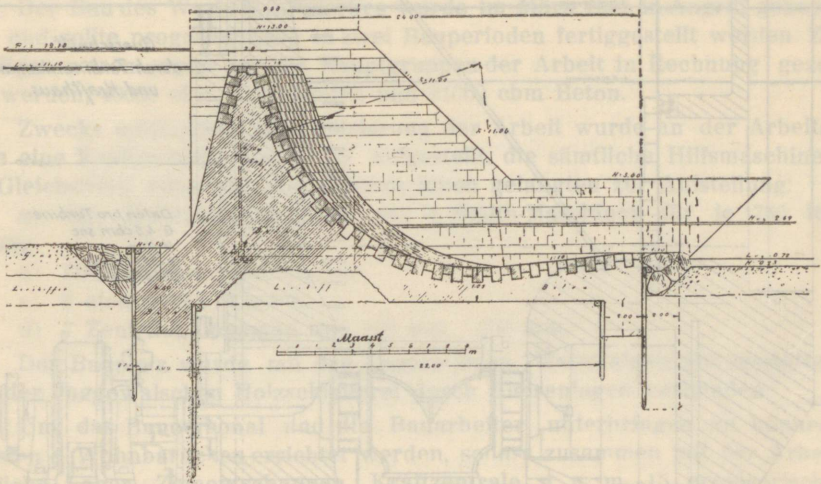


Fig. 2.

Der Grundablass, dessen Schwelle 0,80 m über der Flusssohle liegt, wird von einer eisernen Grundschütze von 1,9 m Höhe und zwei hölzernen, auf einer Betonschwelle ruhenden, Leerschützen von einer Gesamthöhe von 5,14 m geschlossen.

Die Fischtreppe stellt einen Flusspfeiler von 8 m Breite dar, in den ein sich selbst regelnder Cail-Fischweg mit Sperren und Schlupföffnungen eingebaut ist.

Das Ueberfallwehr bildet im Grundriss einen Bogen mit einem Radius von 102,5 m. Die Lichte Weite des Ueberfalles beträgt 40 m. Das Ueberfallwehr ist ein Schusswehr; die Wehrkrone hat eine Breite von 2 m, der Wehrrücken ist nach einem Radius von 11 m gekrümmt und läuft in ein ansteigendes Sturzbett aus, das ein Wasserpolster von mindestens 0,50 m bei Niederwasser aufweist.

Das Krafthaus liegt luftseitig neben den Turbinenkammern und ist von diesen durch eine 1,3 m starke Betonwand getrennt, in die Sickerkanäle eingebaut sind. Im Krafthause sind 3 Drehstromgeneratoren für 3000 Volt Spannung, 50 Perioden, 375 Touren pro Minute, die Servomotoren und Regler der Turbinen, sowie die Schaltanlage aufgestellt.

Das zur Verfügung stehende Gefälle beträgt nach der Ausbaggerung des Unterwasserkanals bis 0,87 m unter Mittel-Meeresspiegel bei Niederwasser 9,97 m; bei Mittelwasser 10,01 m, bei Hochwasser 10,67 m.

Der in der Kraftanlage gewonnene Strom wird vermittelst einer 1800 m langen Fernleitung zur Iaggowalschen Holzschleiferei übertragen, wo er

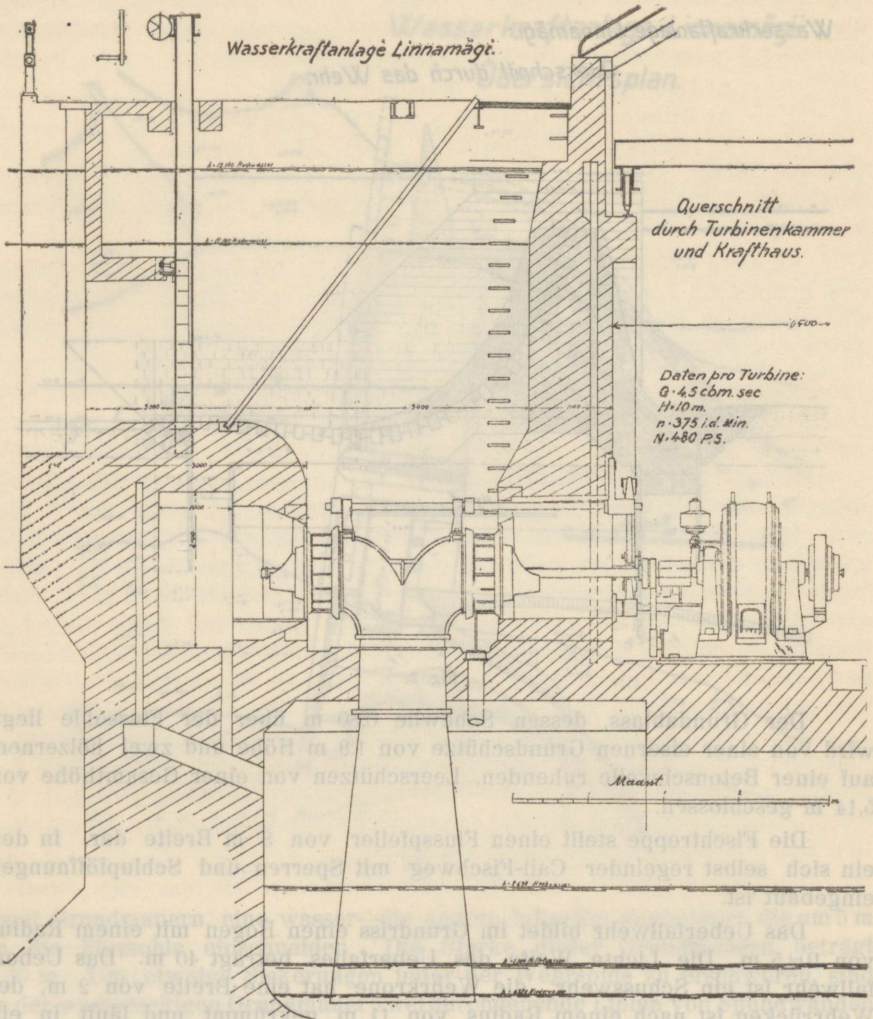


Fig. 3.

direkt in zwei mit Holzchleifern gekuppelten Hochspannungsmotoren ausgenutzt wird.

Der Wehrkörper ist zum grössten Teil aus Beton im Mischungsverhältnis von 1:3:6 gebaut. Ausnahmen sind nur für einige dünnere Wände gemacht worden, wo eine grössere Dichtigkeit angestrebt wurde, wie z. B. für die Wand, die Turbinenkammern von dem Krafthaus trennt. Hier wurde das Mischungsverhältnis von 1:2:4 angewandt. Als Schotter wurde Kalksteinschotter und Granitschotter verwandt, letzterer hauptsächlich für die Flächen, die dem strömenden Wasser ausgesetzt sind. Der Beton wurde als Gussbeton ausgeführt, wobei teils um das Gewicht des Kalkschotter-Betons zu vergrös-

sern, teils aus Sparsamkeitsrücksichten in den frischen Beton nah Möglichkeit grosse Granitblöcke versenkt wurden.

Sämtliche Flächen sind mit Zementmörtel 1:1 geputzt, die wasserbeströmten Flächen mit Glattstrich versehen.

B. Die Bauausführung.

Der Bau des Wasserkraftwerkes wurde im März 1922 in Angriff genommen und sollte programmässig in zwei Bauperioden fertiggestellt werden. Zu erledigen waren, wenn nur die Hauptgruppen der Arbeit in Rechnung gezogen werden, 40000 cbm. Erdarbeiten und 21000 cbm Beton.

Zwecks möglichster Mechanisierung der Arbeit wurde an der Arbeitsstelle eine Kraftzentrale von 70 PS aufgestellt, die sämtliche Hilfsmaschinen mit Gleichstrom versorgte. An Hilfsmaschinen gelangten zur Aufstellung:

- a) eine Betonmischeranlage aus 2 Smith-Maschinen für je 750 ltr. Füllung.
- b) Drei Backen-Steinbrecher,
- c) 2 elektrische Winden,
- d) 7 Zentrifugalpumpen von 100 mm.—200 mm.

Der Bauplatz wurde mit den Lagerplätzen, Materialgewinnungsstätten und der Jaggowalschen Holzschleiferei durch Gleisanlagen verbunden.

Um das Baupersonal und die Bauarbeiter unterbringen zu können, mussten 9 Wohnbaracken errichtet werden, sodass zusammen mit der Arbeiterküche, Lager, Zementschuppen, Kraftzentrale u. a. m. 15 provisorische Holzgebäude errichtet wurden.

Der Sand für den Bau wurde in der Nähe der Baustelle gefunden, der Stein soweit es den Kalkstein anbetrifft, in einem 2,5 km entfernten Bruch in nächster Nähe des Wasserfalles gewonnen. Als Material für den Granitschotter dienten von den Feldern zur Eisenbahnlinie angeführte Findlinge.

Der Zement wurde von den einheimischen Fabriken bezogen.

Die Arbeiten des Jahres 1922 begannen mit dem Aushub der Baugrube für den Uferanschluss am rechten Ufer. Die Gesamttiefe der Baugrube betrug hier 16 mtr, die nach einer Deckschicht von ca 3 m in schwerem glazialen Lehm bis auf den kambrischen Ton ausgeschachtet werden musste. Der Aushub der verhältnismässig engen Baugrube wurde zwecks Schaffung einer grösseren Arbeitsfront gleichzeitig in drei Terrassen ausgeführt.

Im Fluss selbst sollte im ersten Baujahr der rechtsufrige Teil des Wehres bis zum Ueberfallwehr hergestellt werden. Um die Baugrube hier ausheben zu können, wurde dieselbe vom Fluss durch einen Fangedamm abgegrenzt. Der Fangedamm bestand aus dreibeinigen Böcken, die direkt auf die von Schutt und grossen Steinen gereinigte Flusssohle, die aus 0,60—1,00 m kambrischen Sandstein bestand, gestellt werden. Die Böcke wurden untereinander durch Längshölzer verbunden, auf die eine Schrägwand aus 2 $\frac{1}{2}$ " starkem gespundeten Bohlen zu liegen kam, die möglichst dicht an die Flusssohle angepasst wurden. Flussseitig wurde die Fuge zwischen Brettern und Flusssohle mit 3—4 Lagen Sandsäcke bedeckt. Zwischen den luftseitigen Füßen wurde eine senkrecht stehende Wand aus 2 m langen, 2" starken gespundeten Bohlen aufgestellt, wobei zwischen Bohlenenden und Flusssohle Sacktuch als Dichtung festgerammt wurde. Dieser Fangedamm,

der annähernd 5 000 qm abschloss, hielt genügend dicht, sodass die Baugrube bei einem Stau von 2,5 mtr durch zwei Zentrifugalpumpen von je 100 und 150 mm trocken gehalten werden konnte.

Der Trockenlegung der Baugrube, die Mitte Juli leergepumpt war, folgten die Edarbeiten unter der Flusssohle und die Betonarbeiten in den fertiggestellten Teilen der Baugrube. Der gelöste Boden wurde auf schiefen Ebenen in eisernen Kippwagen mittels elektrischer Winden aus der Grube hinaus gesogen.

Der Beton wurde als Gussbeton in der Betonmischeranlage hergestellt, in besondere Betonwagen gefüllt und zur Baustelle gefahren. Das Giessen des Betons geschah von besonderen festen Gerüsten, von denen aus der Beton vermittelst schwenkbarer eiserner Schurren über den Wehrkörper verteilt wurde. Die Betonarbeiten wurden für die einzelnen Teile des Bauwerks ununterbrochen ausgeführt. Die maximale Tagesleistung betrug 226 cbm. Bis zum Schluss des Jahres betrug die Gesamtleistung an Erdarbeiten 25 000 cbm und an Beton 12 500 cbm.

Der Winter 1922/23 brachte unerwarteterweise Schwierigkeiten in der Wasserhaltung der Baugrube, die durch Grundeis und den dadurch hervorgerufenen Rückstau bedingt waren. Der unterhalb des Wehres liegende Flusslauf weist auf ca 200 m noch verhältnismässig starkes Gefälle auf. Dieser Teil des Flusses war durch grosse Mengen von Findlingen und kleineren Steinen, die von örtlichen Fischern zur Errichtung von Fischwehren zwecks Anbringung von Aalreusen in den Fluss gebracht waren, stark verunreinigt. Für die Bildung des Grundeises waren somit die Bedingungen sehr günstig und es bildete sich auch in derartigen Mengen, dass der ganze Flusslauf bis zum Meere mit Grundeis ausgefüllt war. Der Abfluss der geringfügigen Winterwassermenge wurde dadurch ungemein erschwert. Um diesem Uebel abzuwehren war die Bauleitung gezwungen in dem Eise einen Kanal zu ziehen, dessen Reinhaltung grosse Mühe und Arbeit kostete. Der Versuch den Abfluss durch Sprengungen aufrecht zu erhalten, gab, wie es bei der schlammigen Konsistenz des Grundeises nicht anders zu erwarten war, keine Resultate.

Die Vorbereitungen für die Bauperiode des Jahres 1923 dauerten den ganzen Winter fort. Es galt in erster Linie die Vorarbeiten für den neuen Fangedamm der zweiten Hälfte des Bauwerks und einen Teil desselben im Schutze des alten Fangedammes fertigzustellen. Da für die zweite Bauperiode der ganze Fluss abgedämmt werden musste, bis auf den 3 m weiten Grundablass, der sämtliches Sommerwasser aufzunehmen hatte, so war selbst bei Mittelwasser ein Stau von ca 3,5 m zu erwarten. Ein Fangedamm aus Böcken, wie er im vorhergehenden Jahr angewandt worden war, wurde daher für nicht sicher genug für die Oberwasserseite befunden, weshalb folgende Konstruktion, die sich auf felsigem Boden gut bewährt hat, angewandt wurde.

In die Flusssohle wurden $2\frac{1}{2}$ — $2\frac{3}{4}$ " starke Eisenstangen wenigstens 1 m tief eingebohrt, auf die dann hölzerne Ständer, aus 2 verbolzten Bohlen aufgesetzt wurden. Die Ständer, deren Entfernung von einander 1,5—3 m betrug, wurden miteinander durch horizontale Riegel verbunden, auf die gespundete $2\frac{1}{2}$ " starke Bohlen befestigt wurden. Die Bohlen wurden durch Taucher der Flusssohle zugepasst, auf Dichtungen aus Sacktuch ge-

stellt und von oben durch Handrammen fest auf die Flusssohle geschlagen. Luftseitig waren die Ständer durch Streben gegen die Flusssohle abgestützt. Der obere wasserseitige Fangedamm bestand aus 2 solchen zu einander parallel geführte Wänden, zwischen die eine Sandschüttung eingebracht war. Um Undichtigkeiten durch Auftrieb zu vermeiden, waren beide Wände oben durch Steine belastet.

Der unterwasserseitige Fangedamm war in Bockkonstruktion ausgeführt.—

Die Fangedämme waren bis Ende Juni vollständig fertiggestellt.—Mitte Juli begannen die Betonarbeiten. Die Arbeiten schritten dermassen flott vorwärts, dass mit der Fertigstellung sämtlicher Betonarbeiten zum 15. September gerechnet werden konnte. Das am 16. August eingetretene, durch einen Regen von 79 mm Niederschlagsöhe bedingte, Hochwasser von ca 80 cbm je Sekunde machte jedoch einen Strich durch die Rechnung. Der Fangedamm var solch einen Hochwasser nicht gewachsen, und gab, nachdem der Stau 5 m erreicht hatte, nach.—Als Ursache der Zerstörung des Fangedammes ist die ungenügende Widerstandsfähigkeit der Flusssohle anzusehen, die aus einer ca 1 m starken, auf dem kambrischen Ton liegenden, Sandsteinschicht bestand. Die an und für sich rissige Schicht hatte unter dem Wasserdruck und dem Druck der Eisenstangen des Fangedammes, die schwer belastet waren, nachgegeben und war teilweise hinausgerissen worden.

Sofort nach dem Rückgang des Hochwassers begann die Wiederherstellung der Arbeiten.—Der neue oberwasserseitige Fangedamm wurde, um ihn auf vollständig intaktem Boden aufstellen zu können, bedeutend mehr flussauf hinaus gezogen und in der Konstruktion verstärkt. Um bei möglichem Herbsthochwasser eine bessere Abflussmöglichkeit zu haben, als der Grundablass sie bot, wurde in den Fangedamm eine Oeffnung eingebaut, an die sich eine Holzrinne anschloss, die sich über die ganze Baugrube hin zog und unterhalb des unterwasserseitigen Fangedammes dass Wasser in den Fluss warf. Die Abmessungen der Rinne waren so berechnet, dass sie zusammen mit dem Grundablass eine Wassermenge von 80 cbm je Sekunde abführen konnte.

Sämtliche Wiederherstellungsarbeiten waren zum 15. Oktober beendet. Nach der Reinigung der Baugrube von angespülten Steinen und Schutt begannen die Betonarbeiten am 26. Oktober. Fast gleich nach dem Beginn der Arbeiten machten sich die Anzeichen eines neuen heranziehenden Hochwassers bemerkbar. Ab 1. November fing das Steigen des Wassers wieder an, das unaufhörlich unter dem Einfluss der Regengüsse fort dauerte, bis schliesslich am 10. November bei einer Wassermenge von 120 cbm je Sekunde der Stau 6,50 m erreichte. Diesem Druck war die Flusssohle nicht gewachsen: auf eine Länge von ca 7 m wurde die Sohle unter dem Fangedamm fortgerissen, wobei sich ein Kolk bis 4 m Tiefe bildete. Der Fangedamm, der den Halt in der Sohle verloren hatte, öffnete sich gewissermassen wie ein Tor.

Der zweite Durchbruch des Fangedammes stellte die Bauleitung vor das Dilemma entweder den Versuch zu unternehmen—das Bauwerk noch vor

dem Frühjahrshochwasser fertigzustellen, oder aber die Vollendung des Baues auf den Sommer zu verschieben. Die erste Lösung barg ein grosses Risiko in sich, da die bis zum Frühjahr gebliebene Zeitspanne nur sehr kurz war und ein früh eintretendes Hochwasser das ganze Bauwerk gefährden konnte, hatte aber bei Gelingen den Vorzug, dass ein ganzes Betriebsjahr gewonnen werden konnte. Die zweite Lösung gewährleistete ein sicheres Arbeiten, bedeutete aber einen grossen Betriebsverlust. Nach reiflicher Ueberlegung wurde der Entschluss gefasst den Bau im Winter fortzusetzen. Um einigermaßen gegen ein nochmaliges Hochwasser gesichert zu sein, falls dasselbe vorzeitig eintreten sollte, wurde im Körper des Ueberfallwehres eine Öffnung von 6 m lichter Weite und 3 m Höhe angeordnet. Mit der Herstellung des Fangedammes konnte erst im Januar begonnen werden, da die Ausläufer des Hochwassers erst dann sich verzogen hatten. Diesesmal war die Möglichkeit vorhanden den Fangedamm auf dem fertigen Beton der oberwasserseitigen Grundmauer aufzustellen, die natürlich ausgenutzt wurde. Die Arbeiten mussten unter den denkbar ungünstigsten Bedingungen ausgeführt werden: starke Fröste bis 20—25°C bei scharfen Winden, grosse Mengen von Geschiebe, die den Beton bedeckten u. a. m. erschwerten die Arbeit im höchsten Grade. Nichtsdestoweniger war der Fangedamm bis Ende Januar fertiggestellt und die Baugrube leergespült.—Der fertige Beton wurde von Geschiebe und Schmutz gereinigt, aufgeraut und gewaschen. Um das Betonieren fortsetzen zu können, wurden bei der Betonmischeranlage Warmhäuser zum Anwärmen von Schotter und Sand gebaut und auf der Baustelle der ganze noch herzustellende Teil des Bauwerks von Warmhäusern umschlossen. Am 18. Februar begann das Betonieren und das ganze Bauwerk war am 14. März vollständig fertig betoniert.—Der Stahlschliff und die übrigen kleineren Arbeiten beanspruchten noch 2 Wochen. Da der flotte Gang der Arbeiten einerseits und die kühle Witterung andererseits hoffen liessen, dass das Hochwasser kaum vor Mitte April eintreten würde, so wurde der oben erwähnte Sicherheitsdurchlass Anfang März ausbetoniert und sorgfältig abgedichtet. Das Frühjahrshochwasser begann am 18. April und hatte am 22. sein Maximum mit rund 250 cbm je Sekunde erreicht. Das Wehr hat das Hochwasser ohne jegliche Beschädigungen überstanden und der Betrieb konnte sofort aufgenommen werden.

Der Unterwasserkanal wurde im Laufe des Sommers 1924 fertiggestellt.

Da die folgenden Betriebsjahre gezeigt hatten, dass der kambrische Sandstein, der die Flusssohle unterhalb des Wehres bedeckt, den grossen Geschwindigkeiten, die bei Hochwässern auftreten, nicht gewachsen ist, und dass die von der Sandsteinschicht entblösste Flusssohle Neigung zu Kolkbildungen zeigt, wurde in den Jahren 1926 und 1927 der Abfallboden um 30 m vom Sturzbett flussabwärts verlängert, wobei die Flusssohle mit einer Betonschicht von 1 m Stärke bedeckt wurde.

Die Leistungen der Wasserkraftanlage betragen bis jetzt 4 000 000 — 6 500 000 KWH pro Jahr, sodass scheinbar mit einer mittleren Abgabe von 5 000 000 KWH pro Jahr gerechnet werden kann.

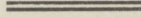
Grundeisbildungen sind nach der Fertigstellung des Unterwasserkanals nicht mehr beobachtet worden.

Schlussfolgerungen.

Die beim Bau der Wasserkraftanlage Linnamägi gesammelten Erfahrungen berechtigen, in Anbetracht der Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit des Ausbaues der Wasserkräfte an anderen kleineren Flüssen Nord-Estlands, sowie der Notwendigkeit für Entwässerungsarbeiten zu Meliorationszwecken sichere Unterlagen schaffen zu können, zu dem Wunsch, dass ein regelmässiger hydrometrischer Dienst an einer Anzahl der kleineren Flussläufe Estlands eingerichtet würde. Als solche könnten für Nord-Estland z. B. der Kegelsche, der Walge und der Purtsefluss in Frage kommen.

Zweck dieses Dienstes wäre den Abfluss nach Zeit und Wassermengen zu bestimmen, um auf Grund mehrjähriger Beobachtungen einesteils Formeln für den Abfluss, bezogen auf 1 ha aufstellen zu können, andererseits Jahresabflusskurven zu erhalten, die unter anderem den Verlauf der Hochwässer charakterisieren würden.

Es wäre ausserdem durchaus wünschenswert an den Flüssen, an denen sich Wasserkraftanlagen befinden spezielle Hochwasserbeobachtungen zu organisieren, die sich bei fertigen Anlagen verhältnismässig genau und billig durchführen lassen.



50

ESTICA

A.3707

26110