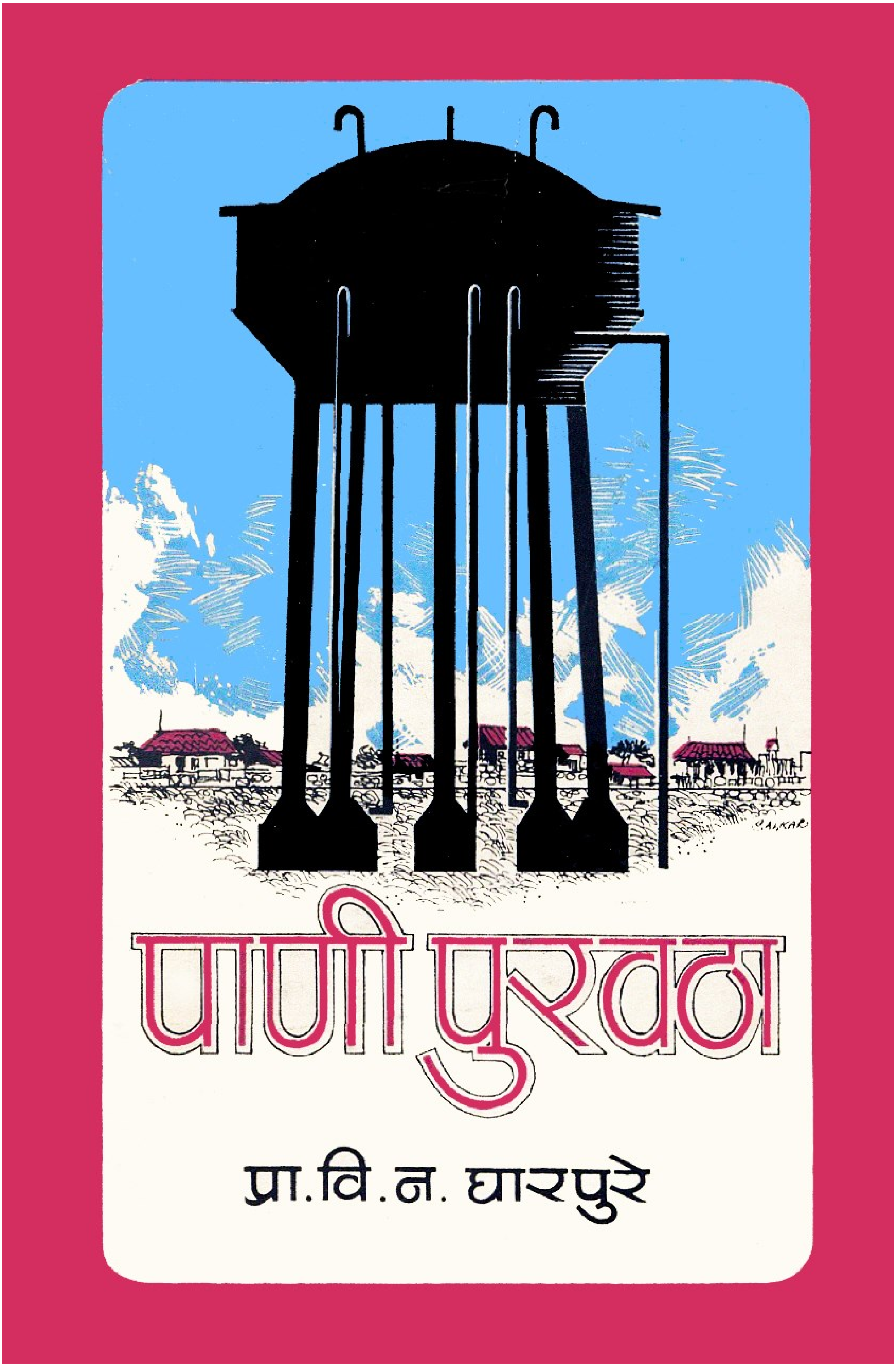


अनुक्रमणिका

विज्ञानमाला क्र. ३४

पाणी पुरवठा

लेखक
विनायक न. घारपुरे,
प्राध्यापक व विभागप्रमुख, स्थापत्य अभियांत्रिकी,
अभियांत्रिकी महाविद्यालय, औरंगाबाद.

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ, मुंबई.

अनुक्रमणिका

प्रकाशन : १९७६ (शके १८९८)
प्रकाशक :
© सचिव,
महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ,
सचिवालय, मुंबई—३२.

मुद्रक :
शशिकान्त महादेव देव
व्यवस्थापक,
सुलभ मुद्रणालय,
२९१, शनिवार पेठ, पुणे ३०.

किंमत रु. १५=००

सर्व हक्क शासनाने स्वाधीन ठेवले आहेत.

अनुक्रमणिका

अशुद्ध पाण्यामुळे संकट ओढवल्याशिवाय
शुद्ध पाण्याचे महत्त्व समजून येत नाही.

अनुक्रमणिका

निवेदन

१. आधुनिक शास्त्रे, ज्ञानविज्ञाने, तंत्र आणि अभियांत्रिकी इत्यादी क्षेत्रांत, त्याचप्रमाणे भारतीय प्राचीन संस्कृती, इतिहास, कला इत्यादी विषयांत मराठी भाषेला विद्यापीठाच्या स्तरावर ज्ञानदान करण्याचे सामर्थ्य यावे हा मुख्य उद्देश लक्षात ठेवून साहित्य-संस्कृति मंडळाने वाङ्मयनिर्मितीचा विविध कार्यक्रम हाती घेतला आहे. मराठी विश्वकोश, मराठी भाषेचा महाकोश, विज्ञानमाला, भाषांतरमाला, आंतरभारती-विश्वभारती, महाराष्ट्रेतिहास इत्यादी योजना या कार्यक्रमात अंतर्भूत केल्या आहेत.

२. मराठी भाषेला विद्यापीठीय भाषेचे प्रगल्भ स्वरूप व दर्जा येण्याकरिता मराठीत विज्ञान, तत्त्वज्ञान, सामाजिक शास्त्रे आणि तंत्रविज्ञान या विषयांवरील संशोधनात्मक व अद्ययावत् माहितीने युक्त अशा ग्रंथांची रचना मोठ्या प्रमाणावर होण्याची आवश्यकता आहे. शिक्षणाच्या प्रसाराने मराठी भाषेचा विकास होईल ही गोष्ट तर निर्विवादच आहे. पण मराठी भाषेचा विकास होण्यास आणखीही एक साधन आहे आणि ते साधन म्हणजे मराठी भाषेत निर्माण होणारे उत्कृष्ट वाङ्मय हे होय. जीवनाच्या भाषेतच ज्ञान व संस्कृती यांचे अधिष्ठान तयार व्हावे लागते. जोपर्यंत माणसे परकीय भाषेच्याच आश्रयाने शिक्षण घेतात, कामे करतात व विचार व्यक्त करतात तोपर्यन्त शिक्षण सकस बनत नाही, संशोधनाला परावलंबित्व राहते, व विचाराला अस्सलपणा येत नाही. एवढेच नव्हे तर वेगाने वाढणाऱ्या ज्ञानविज्ञानापासून सर्वसामान्य माणसे वंचित राहतात.

३. वरील विषयांवर केवळ परिभाषाकोश अथवा पाठ्यपुस्तके प्रकाशित करून विद्यापीठीय स्तरावर अशा प्रकारचे स्वरूप व दर्जा मराठी भाषेला प्राप्त होणार नाही. सर्वसामान्य सुशिक्षितांपासून तो प्रज्ञावंत पंडितांपर्यंत मान्य होतील अशा ग्रंथांची रचना व्हावयास पाहिजे. मराठी भाषेत किंवा अन्य भारतीय भाषांमध्ये विज्ञान, सामाजिक शास्त्रे व तंत्रविज्ञान या विषयांचे प्रतिपादन करावयास उपयुक्त अशा परिभाषासूची किंवा परिभाषा-कोश तयार होत आहेत. पश्चिमी भाषांना अशा प्रकारच्या कोशांची गरज नसते. याचे कारण उघड आहे. पश्चिमी भाषांत ज्या विद्यांचा संग्रह केलेला असतो, त्या विद्यांची परिभाषा सतत वापराने रूढ झालेली असते. त्या शब्दांचे अर्थ त्यांच्या उच्चारांबरोबर वा वाचनाबरोबर वाचकांच्या लक्षात येतात. निदान त्या त्या विषयांतील जिज्ञासूंना तरी ते माहीत असतात. अशी स्थिती मराठी किंवा अन्य भारतीय भाषांची नाही. परिभाषा किंवा शब्द यांचा प्रतिपादनाच्या ओघात समर्पकपणे वारंवार प्रतिष्ठित लेखांत व ग्रंथांत उपयोग केल्याने अर्थ व्यक्तकरण्याची त्यांत शक्ती येते. अशा तऱ्हेने उपयोगात न आलेले शब्द केवळ कोशात पडून राहिल्याने अर्थशून्य राहतात. म्हणून मराठीला आधुनिक ज्ञानविज्ञानांची भाषा बनविण्याकरिता शासन, विद्यापीठे, प्रकाशनसंस्था व त्या त्या विषयांचे कुशल लेखक यांनी मराठी ग्रंथरचना करणे आवश्यक आहे.

४. वरील उद्देश ध्यानात ठेवून मंडळाने जो बहुविध वाङ्मयीन कार्यक्रम आखला आहे त्यातील पहिली पायरी म्हणून सामान्य सुशिक्षित वाचकवर्गाकरिता, इंग्रजी न येणाऱ्या कुशल कामगाराकरिता व पदवी किंवा पदविका घेतलेल्या अभियंत्याकरिता सुबोध भाषेत लिहिलेली विज्ञान व तंत्रविषयक पुस्तके प्रकाशित करून स्वल्प किंमतीस देण्याची व्यवस्था केलेली आहे. मंडळाने आजवर आरोग्यशास्त्र, शरीरविज्ञान, जीवशास्त्र, आयुर्वेद, गणित, ज्योतिषशास्त्र, भौतिकी, रेडिओ, अणुविज्ञान, सांख्यिकी, स्थापत्यशास्त्र, वनस्पतिशास्त्र इत्यादी विषयांवर ३३ दर्जेदार पुस्तके विज्ञानमालेत प्रकाशित केली आहेत.

अनुक्रमणिका

प्रकाशचित्रणकला, गणकयंत्रे, रंग, कृत्रिम धागे, पुस्तक-बांधणी-मोटर-दुरुस्ती, टेलिव्हिजन, वैमानिक विद्या, अवकाशयान, साखर-निर्मिती इत्यादी इतर विषयांवरील पुस्तके तयार होत आहेत.

५. प्रा. विनायक न. घारपुरे यांनी स्थापत्य अभियांत्रिकी या विभागातील– "पाणीपुरवठा" हे शास्त्रीय विषयावरील पुस्तक मराठीत लिहून विज्ञान व तंत्रविषयक आधुनिक मराठी साहित्यात मोलाची भर घातली आहे. सदर पुस्तक मंडळाच्या विज्ञानमालेत प्रकाशित करून मराठी वाचकांना सादर करताना मंडळास आनंद होत आहे.

मुंबई : **लक्ष्मणशास्त्री जोशी,**
५ आषाढ, शके १८९८ अध्यक्ष,
२६ जून, १९७६. महाराष्ट्र राज्य-साहित्य संस्कृती मंडळ

अनुक्रमणिका

प्रस्तावना

महाराष्ट्र राज्यात दैनंदिन व्यवहारात आणि इतर सर्व खाजगी व शासकीय कामकाजात मराठी भाषेचा शक्य तितका वापर करून त्यायोगे निरनिराळ्या विभागांत जलद प्रगती साधण्याचा सर्वमान्य असा निर्णय पूर्वीच घेण्यात आला. स्थापत्य अभियांत्रिकी या विभागातील 'पाणीपुरवठा' या विषयाशी सर्व जनतेचा प्रत्यक्ष वा अप्रत्यक्ष संबंध दररोज येत असतो. तेव्हा त्या दृष्टीने पाणीपुरवठा करण्याचे शास्त्र काय आहे हे कळण्यासाठी सर्वसामान्य मराठी वाचकासही सहजगत्या समजेल अशा सोप्या व तांत्रिक मराठी भाषेत 'पाणीपुरवठा' या विषयावर पुस्तक लिहिण्याचा एक प्रयत्न केला आहे.

या पुस्तकात पाण्याच्या उगमापासून सुरुवात करून नंतर पाणी शुद्ध करण्यासाठी प्रचारात असलेल्या निरनिराळ्या प्रक्रियांसंबंधी माहिती देऊन शेवटी पाण्याचे वाटप कसे केले जाते याबाबत लिहिले आहे. सर्व ठिकाणी निरनिराळी मापे मेट्रिक पद्धतीतच दिली आहेत. प्रक्रियेतील घटकांची रचना व कार्य सुलभपणे समजण्याच्या दृष्टीने योग्य त्या आकृत्या दिल्या असून पुस्तकाच्या शेवटी पारिभाषिक शब्दांची सूची (मराठी-इंग्रजी) जोडली आहे. त्यामुळे पुस्तकातील माहिती समजण्यास सोपे जाईल अशी खात्री वाटते.

पाणीपुरवठा हे पुस्तक महाराष्ट्र शासनाच्या साहित्य आणि संस्कृति मंडळाने स्वीकारून ते छापून व प्रकाशित करून मराठी वाचक व तंत्रज्ञ यांच्यासमोर ठेवल्याबद्दल मी मंडळाचा अत्यंत आभारी आहे.

विशेषतः मंडळाचे मानसेवी संपादक, श्री. बा. रं. सुंठणकर यांनी पुस्तक लिहिण्यास प्रोत्साहन देऊन काम पुरे होण्याच्या दृष्टीने साहाय्य केले त्याबद्दल मी त्यांचा व्यक्तिशः आभारी आहे.

तसेच निवृत्त मुख्य अभियंते श्री. म. ल. चाफेकर यांनी पुस्तकाचे हस्तलिखित अत्यंत आस्थेने व कळकळीने वाचून व प्रत्यक्ष भेटीत चर्चा करून ज्या सूचना केल्या त्याबद्दल त्यांचाही मी आभारी आहे.

प्रिय वाचकांनी या पुस्तकाबाबत काही सूचना करावयाच्या झाल्यास त्या जरूर कराव्यात ही नम्र विनंती.

दिनांक : १५ जून १९७६ **विनायक न. घारपुरे.**

अनुक्रमणिका

अनुक्रमणिका

प्रास्ताविक ९
पाण्याचे उगम १२
भूमिगत पाणी २६
पाण्याची मागणी व परिमाण ३९
पाण्याचे गुणधर्म आणि पृथक्करण ४९
जलशुद्धीकरण ५७
जल-निःस्पंदन किंवा गलंतिका ७४
पाण्यातील रोगजंतुविनाशन ९५
पाण्याचे फेनदीकरण १०४
जलपंप-वहन ११४
जल-वाटप १२५
विषय-सूची १४०
पारिभाषिक शब्दांची सूची १४५

प्रकरण पहिले

प्रास्ताविक

१-१. पाण्याचे महत्त्व :

हवा, पाणी व अन्न ह्या तीन गोष्टी मानवादी सर्व सजीव प्राण्यांना जीवन जगण्यासाठी अत्यावश्यक आहेत. हवा शुद्ध नसेल तर विषमज्वर, पटकी, अतिसार, निरनिराळे ज्वर, हाडांचे व दातांचे रोग इत्यादी रोगांचे प्रकार उद्भवून मनुष्यप्राण्याच्या जीवितास धोका पोहोचतो व त्यामुळे मृत्यूचे प्रमाण वाढते. घाणेरड्या अन्नामुळे त्वचा व पोटाचे विकार जडतात. पाणी आपल्या रोजच्या जीवनात लागणारी महत्त्वपूर्ण गोष्ट असल्याने आरोग्यरक्षणार्थ व साथींच्या रोगांपासून निवारण करण्यासाठी ते शुद्ध असणे अत्यंत जरुरीचे आहे. स्वच्छ व शुद्ध म्हणजेच सूक्ष्म जंतुविरहित पाणी लोकांना पुरविणे हा जलशुद्धीकरण केंद्राचा मुख्य उद्देश आहे; व त्याचबरोबर घरगुती वापरासाठी, उद्योगधंद्यासाठी, आणि अग्निशमन, मलमूत्र व औद्योगिक अपशिष्ट मानवी वस्तीपासून दूर सोडणे इत्यादी अनेक बाबींसाठी लागणाऱ्या पाण्याचा निश्चित स्वरूपात पुरवठा करणे हेही महत्त्वपूर्ण व जबाबदारीचे काम आहे. वर निर्दिष्ट केलेल्या प्रत्येक प्रकारच्या वापरासाठी पाण्याचे भौतिक व रसायनशास्त्र यांच्या नियमांत बसणारे काही विशिष्ट गुणधर्म असण्याची जरुरी असल्यामुळे नैसर्गिक उपलब्ध पाण्यावर निरनिराळ्या प्रकारच्या प्रक्रिया करूनच ते पाणी वापरावे लागते.

१-२. पाणीपुरवठ्याचा इतिहास :

पाण्याचे महत्त्व हे पुरातन कालापासून ओळखले गेले असून पाणीपुरवठ्याचा इतिहास हा मानवाइतकाच जुना आहे. पिण्यासाठी ज्या ज्या ठिकाणी भरपूर प्रमाणात नैसर्गिक पाणी उपलब्ध होईल त्या त्या ठिकाणी पृथ्वीवर लोकवस्ती होत गेली. विहिरी खणून पाणी मिळविणे ही पूर्वीच्या काळातील एकमेव पद्धत होय. अशा विहिरी म्हणजे पाणथळ जमिनीत खणलेले खड्डे होते. त्यानंतर म्हणजे सुमारे सहा-सात हजार वर्षांपूर्वीपासून पाणीपुरवठ्याची व्यवस्था बुद्धिपुरःसर केल्याचे आढळून येते. इजिप्त देशातील कैरो गावी 'जोसेफ' नावाची पुरातन कालातील विहीर प्रसिद्ध आहे. ही विहीर दगडांत खोदलेली असून तिची खोली जवळ जवळ ९० मीटर आहे. त्या विहिरीतील पाणी उपसण्याची सोय साखळ्यांना लावलेल्या बादल्यांच्या साहाय्याने दोन टप्प्यांत केलेली आहे.

विहिरींशिवाय पावसाचे पाणी साठविण्याकरिता जमिनीखाली बांधलेल्या टाक्या जेरुसलेम शहरात होत्या. साठविलेले पाणी वाहून नेण्यासाठी दगडी नळ, जलसेतू, प्रतिवेलांटी इत्यादींचा उपयोग पुरातन ग्रीस देशात केला होता. रोमन लोकांनी रोमन साम्राज्यात बऱ्याच ठिकाणी पाणीपुरवठ्याची उत्तम सोय केलेली होती. रोमच्या पाडावात पाणीपुरवठा केंद्रांचा नाश झाला. नवव्या शतकात स्पेनमध्ये मूर लोकांनी काही महत्त्वाची बांधकामे केली. जगात पाणीपुरवठ्याची काही महत्त्वाची झालेली कामे खालीलप्रमाणे होत :

इसवी सन ११८३ — पॅरिसमध्ये लहान जलसेतू बांधला.

इसवी सन १२३५ — लंडनमध्ये झऱ्यांचे पाणी शिसे व दगडाच्या नळांतून आणले.

अनुक्रमणिका

इसवी सन १४१२ — जर्मनीमध्ये पाणीपुरवठा केंद्र बांधले.

इसवी सन १५२७ — जर्मनीतील हॅनोव्हरमध्ये पंप बसविले गेले.

इसवी सन १५५३ आणि १५७० — मेक्सिकोमध्ये झेंपोला जलसेतू बांधला.

इसवी सन १५८२ — जुन्या लंडन पुलावर शहराला शिश्याच्या नळांतून पाणीपुरवठा करण्यासाठी पहिला पंप बसविला गेला.

इसवी सन १६०८ — जलशक्तीवर चालणारे पंप पॅरिसमध्ये बसविले व वाफेवर चालणारे पंप अठराव्या शतकात लंडन व पॅरिसमध्ये बसविण्यात आले.

इसवी सन १८०० पासून लंडन व पॅरिस येथील पाणीपुरवठ्यात मोठ्या प्रमाणावर वाढ होत गेली. अमेरिकेमध्येही इ.स. १६५२ मध्ये बोस्टन गावाला सर्वप्रथम झऱ्यांचे पाणी संकर्षक पद्धतीने पुरविण्यात आले; तर इ.स. १७५४ मध्ये बेथलेहेम, पा. मध्ये सर्वप्रथम यंत्रसामुग्री बसविण्यात आली. इ.स. १८०० मध्ये अमेरिकेत पाणीपुरवठा केंद्रांची संख्या १६ होती.

आफ्रिका व मध्य आशियातील देशांतही इसवी सनाच्या सुरुवातीपासून पाणीपुरवठा अस्तित्वात होता. भारतातही ख्रिस्ती सनाच्या सुमारे चार हजार वर्षांपूर्वीच्या ऋग्वेद, रामायण, महाभारत इत्यादी विख्यात ग्रंथांत आणि इतर पुराणांमध्येही विहिरींतून पाणीपुरवठा केल्याबद्दल जागोजागी उल्लेख सापडतो. इतकेच नव्हे तर यजुर्वेद, याज्ञवल्क्य संहिता, मनु संहिता, अवसूत्र संहिता, आयुर्वेद इत्यादी अनेक ग्रंथांतून पाणी शुद्ध कसे राखावे यासंबंधी मार्गदर्शन केलेले सापडते. जवळ जवळ सात हजार वर्षांपूर्वी मोहेंजोदरो शहरात पाणीपुरवठा व सांडपाणी ह्यांची उत्तम व्यवस्था केलेली होती ह्याचा पुरावा मिळालेला आहे. इतकेच नव्हे तर महाराष्ट्रातही औरंगाबाद, अहमदनगर, बीड इत्यादी ठिकाणी आणि अगदी अलीकडे म्हणजे पेशवे-कालात पुण्यापासून जवळच कात्रज या ठिकाणाहून सतत पाणीपुरवठा करण्याच्या दृष्टीने केलेल्या सोयी अद्यापही पाहावयास मिळतात.

१-३. जलशुद्धीकरण :

सांप्रतच्या जलशुद्धीकरणाच्या प्रक्रियांची सुरुवात इसवी सन १८५० पासून झाली व त्यानंतर यासंबंधात बरीच प्रगती होत गेली. याचे मुख्य कारण वैद्यकशास्त्रीय शोधांमुळे पाणी हे अनेक रोगांचे (विशेषतः मुदतीचा ताप, पटकी, अतिसार इत्यादी) कारण असू शकते हे सिद्ध होऊन पाणी शुद्ध (निर्जन्तुक नसले तरी रोगजंतुमुक्त) करून पिण्याचे महत्त्व सर्वत्र पटले. विसाव्या शतकात जलशुद्धीकरण शास्त्रातील प्रक्रियांच्या संशोधनांचा वेग पुष्कळच वाढलेला दिसून येतो.

पाणीपुरवठ्यातील सर्वात महत्त्वाची गोष्ट म्हणजे पाण्याच्या उगमस्थानाची योग्य निवड. पावसाचे पाणी हे जमिनीच्या पृष्ठभागावर अगर जमिनीखाली साठविता येते. तळी, झरे, नद्या, नाले, जलाशय, इत्यादी गोष्टी भू-पृष्ठावरील पाणी पुरविणारी उगमस्थाने होत; तर विहिरी, नलकूप, अंतर्झरण विहिरी व पाझरबोळ इत्यादी गोष्टी भूमिगत पाणी पुरविणारी उगमस्थाने होत. जलशुद्धीकरणाच्या प्रक्रिया ह्या

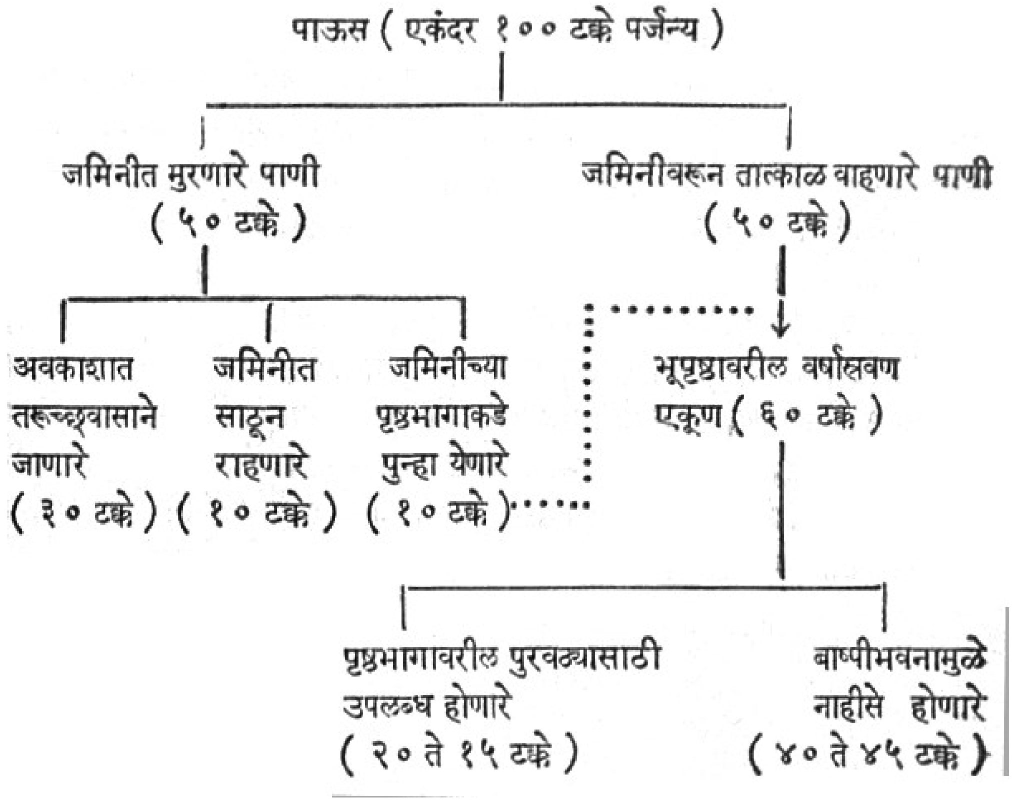
पाण्याच्या उगमस्थानावर व पाण्यातील अशुद्धांच्या प्रमाण-प्रकारांवर अवलंबून असतात. सर्वसाधारणपणे पाण्यात तरंगणारी, आलंबित, कलिल व विदुत अशा प्रकारांत अशुद्धे असतात. भूमिगत पाणी हे बहुतेककरून स्वच्छ, थंड आणि सूक्ष्म जंतुविरहित असते, परंतु अफेनदता, लोह व मग्न काढून टाकण्यासाठी प्रक्रिया करणे जरुरीचे असते. रोगजंतू विनाशनासाठी क्लोरिन वापरण्यात येतो. भूपृष्ठावरील पाणी शुद्ध करण्यासाठी सर्वसाधारणपणे किलांटके वापरून कणसंकलन करणे, निक्षेपण करणे, निःस्पंदन करणे, रोगजंतू विनाशन करणे, चव व वास काढून टाकण्यासाठी वायुमिश्रण व प्रभावित कर्बाचा उपयोग करणे, काही प्रमाणात प्लविदे मिसळणे इत्यादी निरनिराळ्या प्रक्रिया कराव्या लागतात. पाण्याच्या उगमापासून ते जलशुद्धीकरण केंद्रापर्यंत किंवा पाणी वाटपाच्या पद्धतीपर्यंत पाण्याचे वहन मुख्य नळ, जलसेतू इत्यादींतून केले जाते व शुद्ध पाण्याचा पुरवठा नळ व नलिकांच्या जाळ्यांतून घराघरांपर्यंत केला जातो.

अनुक्रमणिका

प्रकरण दुसरे

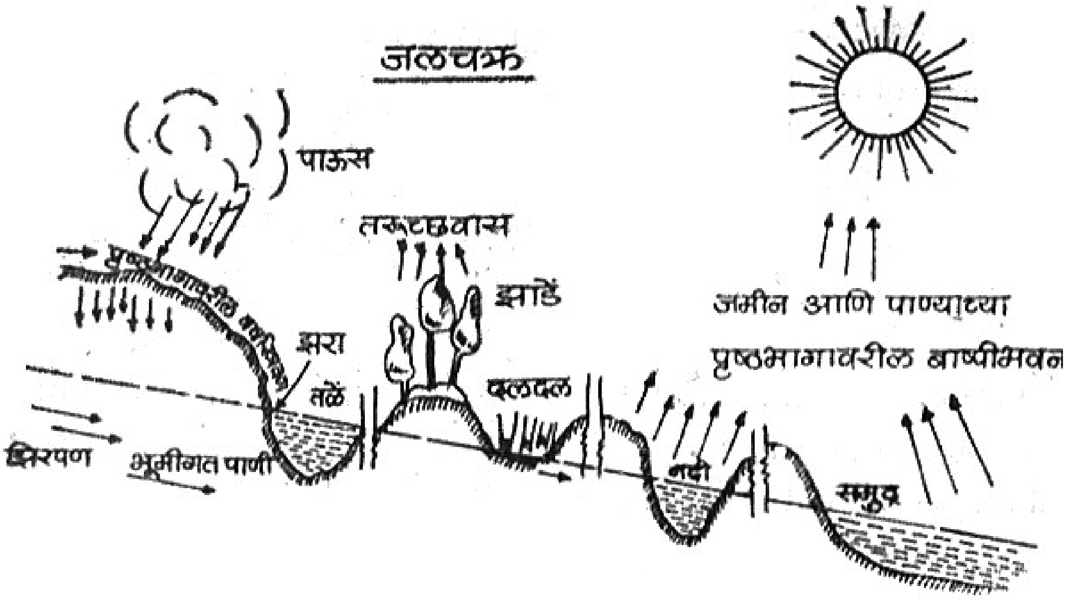
पाण्याचे उगम

२-१. पाण्याचेसर्व तऱ्हेचे उगम हे पावसाच्या पाण्यापासून तयार होतात. आकाशातून पडणाऱ्या पावसाचे सर्व पाणी खालील तक्त्यांत दर्शविल्याप्रमाणे नाहीसे होते व तेच पाणी जलचक्रात दर्शविल्याप्रमाणे पुन्हा उपलब्ध होते. जलचक्र आकृती १ मध्ये पाहा.



पाण्याची मुख्यतः दोन उगमस्थाने मानली जातात ती म्हणजे भू-पृष्ठभागावरील पाणी व भूमिगत पाणी. नदी, नाले, ओढे, झरे, तळी, सरोवरे, सागर, जलाशय, इत्यादींमधून मिळणारे पाणी हे भू-पृष्ठावरील पाणी होय. उथळ किंवा खोल विहिरी, पाझर-बोळ, नलकूप, अंतर्झरण व कारंजी विहिरी इत्यादींमधून मिळणारे पाणी हे भूमिगत पाणी होय.

अनुक्रमणिका



आकृती १

२-२. भू-पृष्ठावरील पाणी :

भू-पृष्ठावरील पाणी हे पिण्यायोग्यच असते. परंतु त्याची स्वच्छता व शुद्धता ही जमिनीच्या ज्या भागावरून ते पाणी वाहते त्या भागाच्या भू-गर्भरचना, भू-प्रस्तर भाग, उंचसखलपणा, भू-पृष्ठावरील झाडे-झुडपे, हिरवळ, वर्षातील ऋतू इत्यादी अनेक गोष्टींवर अवलंबून असते. तळी किंवा सरोवरे, डोह इत्यादींमधील पाण्याचा साठा हा नदी, नाले अगर ओढे यांतील पाण्याच्या साठ्यांप्रमाणे सहसा बदलणारा किंवा कमीजास्त होणारा नसतो. तळी भरून वाहू लागल्यावर तसेच परस्पर वर्षास्त्रवणामुळे किंवा उंच भू-भागाकडून सखल भागाकडे पाझरणाऱ्या पाण्यामुळे ओढे, नाले यांचे प्रवाह तयार होतात. अशा प्रवाहातील पाणी नैसर्गिकपणे (गढूळपणा, रंग, स्वाद, सेंद्रिय पदार्थ, विरघळलेले अगर विद्रुत पदार्थ इत्यादींमुळे) अगर मानवामुळे (मलमूत्र व औद्योगिक अपशिष्टांमुळे) अशुद्ध बनते; आणि म्हणून असे पाणी घरगुती वापरासाठी व उद्योगधंद्यांसाठी पुरविण्याआधी त्याचे शुद्धीकरण करणे अत्यावश्यक ठरते.

२-३. जलाशय :

नदीच्या वाहत्या पाण्यास दरीसारख्या ठिकाणी बांध घालून अगर धरण बांधून अटकाव केल्याने जलसंचय तयार होतो. असा जलसंचय ज्या भागात होतो त्या भागास 'जलाशय' असे म्हणतात. नदीच्या पाणलोट-क्षेत्रातील वर्षास्त्रवणाचे पाणी जलाशयांत साठविले जाते. नदीच्या प्रवाहाचे पाणी नेहमीच सारखे नसते; त्यामुळे उन्हाळ्यासारख्या ऋतूत पाणी-पुरवठ्यासाठी पाणी पुरेसे पडत नाही. म्हणून पावसाळ्यात नदीच्या प्रवाहात अधिक असलेले पाणी जलाशयात साठविले जाऊनत्याचा उपयोग इतर ऋतूंत करता येतो.पाणलोट क्षेत्रात होणाऱ्या एकंदर पर्जन्यामधून बाष्पीभवन, तरूच्छ्वास आणि पाझरण यामुळे होणारी घट वजा केली असता उरलेले पाणी हे जलाशयातील पाण्याची उपलब्धता दर्शविते. अशी उपलब्धता रोजी अगर वार्षिक लिटर्समध्ये मोजतात. पूर्वी नोंद केली गेली असलेल्या कमीत कमी उपलब्धतेला अगर

अवर्षणाच्या अत्यंत कठीण काळात अंदाज केलेल्या उपलब्धतेला 'सुरक्षित उपलब्धता' म्हणतात. जलाशयाची योजना आखताना जलसंचयाची अपेक्षित समर्थता, प्रवाहाबरोबर येणाऱ्या व जलाशयांत साठणाऱ्या गाळाची शक्यता व परिणाम, पाणी साठविल्याने पाण्याच्या गुणधर्मावर होणारे परिणाम इत्यादी गोष्टी विचारात घ्याव्या लागतात. याखेरीज लोकांचे आरोग्य, पूरनियंत्रण, धरणाचे बांधकाम इत्यादी इतर प्रश्नांचा विचार करावा लागतोच.

जलाशयासाठी उत्तम जागा मिळणे हे खालील गोष्टींवर बरेचसे अवलंबून असते. सर्वोत्कृष्ट जागा मिळणे अशक्यच म्हणून त्यातल्यात्यात जास्तीत जास्त गोष्टी शक्य होऊ शकतील अशी जागा जलाशयासाठी निवडावी लागते.

(१) भूस्तर शास्त्रीय– पाणी जमिनीत मुरून न जाता ते भू-पृष्ठावर राहील अशी जागा हवी.

(२) स्थलवाचक– धरण अगर बांधाची लांबी कमी लागण्यासाठी दरी अरुंद असावी व जलाशयाकडील दरीचा भाग खोल व रुंदावत गेलेला असावा.

(३) आर्थिक– जलाशयातील पाण्याखाली जाणारी जमीन शक्य तो नापीक व निर्मनुष्य असावी. अशी जमीन खरेदी करण्यासाठी कमी किंमत द्यावी लागते.

(४) पाण्याचे गुणधर्म– जलाशयाच्या आसमंतातील भू-भाग, झाडे-झुडपे, हिरवळ इत्यादी गोष्टींमुळे अडविलेल्या पाण्याचे गुणधर्म फारसे बदलले जाऊ नयेत व साठविलेले पाणी पिण्यास योग्य ठरावे.

पाण्याची एकंदर मागणी व त्यानुसार पाण्याचा पुरवठा या बाबतींत समतोलपणा राखण्याचे कार्य जलाशय करीत असल्याने अशा दोन्ही गोष्टींची माहिती असणे अत्यावश्यक ठरते. जलाशयांत जलसंचय किती लागेल याचे अनुमान काढण्यासंबंधीचे विवेचन क्रमशः पुढील भागांत केले आहे.

२-४. वर्षास्त्रवण :

पाऊस जमिनीवर पडल्यावर पाण्याचा काही भाग जमिनीत मुरतो व काही भाग जमिनीच्या पृष्ठभागावरून वाहू लागतो. अशा वाहणाऱ्या पाण्याला 'वर्षास्त्रवण' म्हणतात. पावसामुळे पडणाऱ्या पाण्यापैकी नदी-नाल्यांतून वाहणाऱ्या पाण्याचा अंदाज वर्षास्त्रवण मोजणीवरून करता येतो. वर्षास्त्रवण म्हणजे पावसाचे एकंदर पाणी वजा घट, किंवा वर्षास्त्रवण = पाऊस – (बाष्पीभवन + तरूच्छ्वास + जमिनीत मुरणारे पाणी). वर्षास्त्रवण हे पाणलोट क्षेत्र, वार्षिक पर्जन्यमान, पाणलोट क्षेत्रातीलनिरनिराळ्या भागांवर पडणाऱ्या पावसाचे प्रमाण, सरासरी तपमान, बाष्पीभवन व भूमिशोषणांचे प्रमाण, पाणलोट क्षेत्राचा उतार व त्यामधील झाडेझुडपे व हिरवळ, पाणलोट क्षेत्राचा आकार इत्यादी अनेक गोष्टींवर अवलंबून असते. पाणलोट क्षेत्रात जास्त प्रमाणात खड्डे अगर तळी असतील तर वर्षास्त्रवण कमी असते. तसेच भूमिशोषणाचे प्रमाण जास्त असेल तर वर्षास्त्रवण कमी असते. पाणलोट क्षेत्राचा आकार पंख्याच्या आकाराचा असेल तर वर्षास्त्रवण जास्त असते व 'फर्न' पानाच्या आकाराचा असेल तर कमी असेल. इतकेच

नव्हे तर पाणलोट क्षेत्रात जास्त झाडी व हिरवळ असेल तर तरूच्छ्वासामुळे जास्त घट वाढून वर्षास्त्रवण कमी होते.

२-५. सरासरी वर्षास्त्रवण मापनाच्या पद्धती :

पाणीपुरवठ्यासाठी अगर सिंचाईसाठी किंवा दोन्हीसाठी जलाशयात जलसंचयासाठी सरासरी वर्षास्त्रवण किती प्रमाणात उपलब्ध होऊ शकेल हे खालील पद्धतींनी काढता येते :

(१) पावसाच्या नोंदीवरून व वर्षास्त्रवणांक गृहीत धरून;

(२) नदी-नाल्यांच्या पाण्याच्या प्रवाहाची प्रत्यक्ष मोजणी करून;

(३) वर्षास्त्रवणांच्या सूत्रांवरून;

(४) वर्षास्त्रवणांचे तक्ते व आलेख वापरून.

१. पहिल्या पद्धतीत मागील सुमारे ३० वर्षांतील नोंदींवरून सरासरी पाऊस किती पडला ते काढतात. पाणलोट क्षेत्रांत पडलेल्या पावसाचे मान, स्थळ इत्यादी गोष्टी विचारात घेऊन वर्षास्त्रवणांक गृहीत धरतात. साधारणपणे वर्षास्त्रवणांकाची किंमत खालीलप्रमाणे धरतात. वार्षिक पाऊस ३७५ ते ७५० मि.मी. असणाऱ्या कमी पावसाच्या प्रदेशासाठी १५ ते २० टक्के वर्षास्त्रवणांक, ७५० ते १५०० मि.मी. मध्यम पावसाच्या प्रदेशांसाठी २० ते ३० टक्के वर्षास्त्रवणांक, आणि १५०० मि.मी. पेक्षा जास्त पावसाच्या प्रदेशांसाठी ३० ते ५५ टक्के वर्षास्त्रवणांक गृहीत धरतात. अशा तऱ्हेने वर्षास्त्रवणाची किंमत म्हणजे—

वर्षास्त्रवण = वर्षास्त्रवणांक × पाऊस (मीटर) × पाणलोट क्षेत्राचे क्षेत्रफळ
(पाणलोट क्षेत्रातील, घन मीटरमध्ये)   (चौरस मीटरमध्ये)

पर्जन्यमापक यंत्राने पाऊस मोजतात व त्यावरून वार्षिक सरासरी पाऊस किती पडला हे कळते. तसेच नकाशावर 'समपर्जन्य रेषा' दाखविल्या असल्यास त्यावरूनही पावसाचे मापन करता येते. उदा.— पाणलोट क्षेत्रातील ज्या ज्या जागी सारखाच पाऊस पडतो अशा सर्व जागा एकाच रेषेने जोडलेल्या असतात व कितीपाऊस पडतो हे त्या रेषेवर आकड्याने......मि.मी. असे दर्शविलेले असते.पाऊस ८०० मि.मी. झाला याचा अर्थ पाणलोट क्षेत्रांत एका वर्षात पावसाचे पाणी ८०० मि.मी. उंचीपर्यंत साठले असा होतो. अशा रीतीने निरनिराळ्या जागी बदलत जाणाऱ्या पावसाच्या प्रमाणासाठी निरनिराळ्या 'समपर्जन्य रेषा' दाखविलेल्या असल्याने पाहिजे त्या जागेवरील पावसाचे वार्षिक सरासरी माप कळू शकते. पावसाचे माप, पाणलोट क्षेत्राचे क्षेत्रफळ, व वर्षास्त्रवणांक माहीत झाल्यावर या सर्व गोष्टींवरून वर्षास्त्रवणाचे मापन करता येते.

पावसाचे मान प्रत्येक वर्षी सारखेच न राहता ते बदलत असल्याने पाणलोट क्षेत्रातील पाण्याची उपलब्धता अजमावताना सरासरी वाईट वर्षातील पाऊस विचारात घेतात व त्यासाठी अशा पावसाची किंमत सरासरी वार्षिक पावसाच्या⅔ते ¾ इतकी धरतात.

पावसाच्या तीव्रतेवरूनही पाण्याची उपलब्धता काढता येते. समजा १०,००० चौरस मीटर क्षेत्रफळावर (एक हेक्टर जागेवर) ताशी २५ मि. मी. याप्रमाणे तीव्रता असलेला पाऊस पडत असला तर

$$१०,००० \times \frac{२५}{१०००} \times \frac{१}{३६००} = ०\cdot०७$$

घन मीटर दर सेकंदास इतकी पाण्याची उपलब्धता असेल.

२. दुसऱ्या पद्धतीत पाण्याच्या प्रवाहाची प्रत्यक्ष मोजणी करण्यासाठी प्रवाहात एक लहानसा बंधारा घालतात. अशा बंधाऱ्यावरून प्रवाहाचे पाणी ओसंडून वाहात असते. बंधाऱ्यावरून वाहणाऱ्या पाण्याची उंची व बंधाऱ्याची लांबी मोजून फ्रान्सिसच्या सूत्राचा उपयोग करून वर्षास्रवणाचे मापन करता येते.

बंधाऱ्याच्या माथ्याची जाडी अरुंद असेल तर—

$$व = १\cdot८४ \; ल \; उ^{३/२}$$

'व' म्हणजे वर्षास्रवण (घनमीटर, दर सेकंदास), 'ल' म्हणजे बंधाऱ्याची लांबी (मीटरमध्ये), आणि 'उ' म्हणजे बंधाऱ्याच्या माथ्यावरून वाहणाऱ्या पाण्याची उंची (मीटरमध्ये).

बंधाऱ्याच्या माथ्याची जाडी रुंद असेल तर—

$$व = १\cdot७१ \; ल \; उ^{३/२}$$

प्रवाह मोजणीची ही पद्धत जास्त खर्चाची व जास्त वेळ लागणारी असली तरी जास्त विश्वासार्ह आहे. म्हणून ज्या वेळी एखाद्या प्रकल्पाची आखणी करतात त्या वेळी कोरड्या व ओल्या वर्षांमध्ये वरील पद्धतीने प्रवाहाची प्रत्यक्ष मोजणी करतात.

३. तिसऱ्या पद्धतीत वर्षास्रवणाची उपलब्धता जलदरीत्या काढण्यासाठी खालील अनुभवसिद्ध सूत्रे वापरतात. प्रकल्पाच्या अगदी प्राथमिक अवस्थेत सूत्रे वापरून केलेले वर्षास्रवणाचे मापन समाधानकारक असते.

(अ) इंग्लीसची सूत्रे—

घाटांतील जागांसाठी :
व (पाणलोट क्षेत्रांतील वर्षास्रवण, सें. मी. मध्ये) = (०·८५ प) – ३०·४८
प म्हणजे पाणलोट क्षेत्रांत पडणारा सरासरी वार्षिक पाऊस, सें. मी. मध्ये.

बिगर घाटातील जागांसाठी :

$$व = \frac{प}{२५४} (प - १७\cdot७८)$$

अनुक्रमणिका

(ब) खोसलांचे सूत्र—

व = प – १·२७ (१·८ त + ३२) + २·५४ क

त म्हणजे सरासरी वार्षिक तपमान, सेंटिग्रेडमध्ये. क म्हणजे स्थिरांक.

४. चवथ्या पद्धतीत वर्षास्रवणांचे तक्ते अगर आलेख (उदा.— बार्लोचे तक्ते आणि स्ट्रेन्जचे आलेख) वापरून माहीत असलेल्या पाणलोट क्षेत्रातील वर्षास्रवणाचे मापन अंदाजे करता येते.

वरील चार पद्धती वापरून सरासरी वर्षास्रवणाचे मापन केले असता जलसंचयाची आवश्यकता आहे किंवा नाही हे ठरविता येते. पाण्याची मागणी उपलब्धतेपेक्षा (वर्षास्रवणापेक्षा) वाढती असेल तर जलसंचय करणे अत्यावश्यक ठरतेच. मागणी व पुरवठा या दोन गोष्टींवरून जलाशयाची जलसंचयाची समर्थता किती पाहिजे त्याचा विचार करणे सोपे जाते. जलसंचय वर्षभरातील काही ऋतूंतच लागेल का पूर्ण वर्षभर लागेल हे पर्जन्यमानावर किंवा त्यातल्यात्यात पाण्याची मागणी व वर्षास्रवणाची उपलब्धता यांच्या तुलनेवर अवलंबून राहील. एखादे वेळी कदाचित जलसंचय करण्याची आवश्यकताही भासणार नाही; कारण नदीतील पाण्याचा प्रवाह बारामास असू शकेल व पाणी ही मागणी पुरविण्याइतके उपलब्ध असू शकेल. परंतु अशी शक्यता फार कमी. बहुतेककरून आपल्याकडील नद्यांना पावसाळ्यात भरपूर पाणी असते, तर इतर वेळी ते फार कमी असते. अशा वेळी पाण्याचा तुटवडा, विशेषतः उन्हाळ्यात भासतो व म्हणून वर्षभर समाधानकारक पाणीपुरवठा करण्यासाठी 'वार्षिक साठा' करणे प्राप्तच ठरते.

अशा रीतीने जलाशयाचे महत्त्व दुहेरी ठरते. एक म्हणजे काही ऋतूंत कमी पडणाऱ्या पाणीपुरवठ्याविरुद्ध इलाज, व दुसरे म्हणजे ओल्या वर्षातील पावसाळ्यात जास्त प्रमाणात उपलब्ध होणाऱ्या पाण्याचा साठा करून ते पाणी पुढील कोरड्या वर्षात पुरविणे. ज्या ठिकाणी नैसर्गिक तळी असून त्यात भरपूर पाणी असेल त्या ठिकाणी मात्र कृत्रिम जलाशयाची आवश्यकता नसते.

२-६. जलसंचय समर्थता (Size of storage reservoir)

जलाशयाची जलसंचय समर्थता किती पाहिजे हे गणिताने काढण्याच्या दोन पद्धती आहेत. पहिली पद्धत म्हणजे अंकगणिती पद्धतीने नदीतील पाण्याच्या प्रवाहाचे दरमहा उपलब्ध होणारे पाणी व त्या त्या महिन्यातील पाण्याची मागणी यांची वजाबाकी करून ज्या ज्या महिन्यात मागणीपेक्षा पुरवठा कमी असेल त्या त्या महिन्यातील कमी पडणाऱ्या पुरवठ्याची बेरीज करून तितका जलसंचय करणे. प्रत्येक महिन्यातील नदीच्या पाण्याची उपलब्धता काढताना बाष्पीभवन व पाझरण यामुळे येणारी घट लक्षात घ्यावी लागते.

दुसरी पद्धत म्हणजे एकत्रित आलेखाची. काही प्रमाणभूत आलेख व अनुभवसिद्ध झालेले आलेख विचारात घेऊन एकत्रित आलेख काढतात व त्यावरून जलसंचय किती लागेल ते काढता येते. आलेख काढण्याची रीत खाली दिली आहे (आकृती २ पाहा).

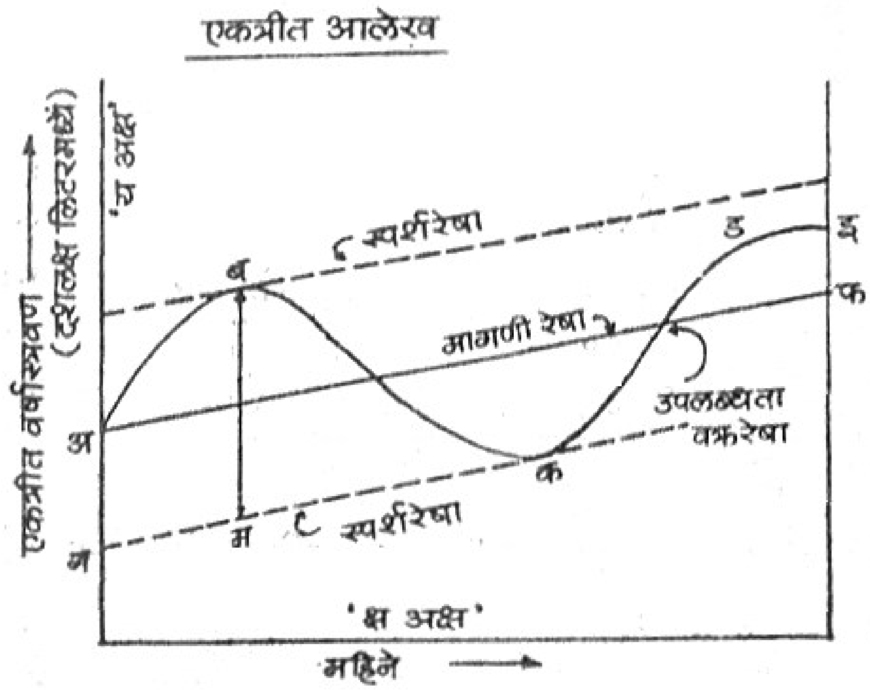
अनुक्रमणिका

१. प्रथम मागील २० वर्षांच्या वार्षिक पर्जन्याची केलेली नोंद घेऊन त्यातील एकापुढील एक अशा ज्या तीन वर्षांत कमीत कमी पाऊस पडला असेल तो काल विचारात घेतात. कारण वाईट कालातील पुरवठा व मागणी या दोन गोष्टी लक्षात घ्यावयाच्या असतात. नंतर अशा कालातील दरमहा पडलेल्या पावसाची टिपणी करून घेतात.

२. वरील कालातील पाणलोट क्षेत्रात प्रत्येक महिन्यात होणाऱ्या वर्षास्त्रवणाचे मापन, पाण्याच्या प्रवाहाची प्रत्यक्ष मोजणी करून केलेल्या नोंदीवरून करतात. असे मापन दुसऱ्या तऱ्हेने म्हणजे प्रत्येक महिन्यातील पाऊस वजा घट (वर्षास्त्रवणांक गृहीत धरून) यावरून करता येते.

३. आलेख कागदावर खालची आडवी बाजू 'क्ष अक्ष' यावर कालाच्या सुरुवातीपासूनचे महिने मांडतात व उभी बाजू 'य अक्ष' यावर त्या त्या महिन्यातील एकत्रित वर्षास्त्रवणाची मापे मांडतात. अशा तऱ्हेने आलेले बिंदू एकमेकांस जोडल्यावर 'उपलब्धता वक्ररेषा' तयार होते.

४. पाण्याची 'मागणी रेषा' काढण्यासाठी वार्षिक मागणी माहीत हवी. त्यासाठी प्रत्येक महिन्यात किती पाणी लागले ते काढून सुरुवातीपासून पुढील प्रत्येक महिन्यातील एकत्रित पाण्याचा खप जमेस धरतात, आणि ही आलेली किंमत एका सरळ तिरप्या रेषेने दर्शवितात; तीच 'मागणी रेषा' होय. उपलब्धता वक्ररेषा आणि मागणी रेषा ह्या दोन्ही रेषांची सुरुवात एकाच बिंदूतून करावी लागते.



आकृती २

अबकडइ ही 'उपलब्धता वक्ररेषा' आहे आणि अफ ही 'मागणी रेषा' आहे. 'इ' हा बिंदू 'फ' या बिंदूच्या वर येत असल्यास वर्षास्त्रवणापासून उपलब्ध होणारे पाणी मागणीपेक्षा जास्त आहे व म्हणून

जलसंचय करणे शक्य आहे असे समजावे. उपलब्धता वक्ररेषेवरील 'क' हा बिंदू मागणीरेषेच्या सर्वात खाली राहणारा बिंदू असल्याने त्या ठराविक कालात पुरवठ्यापेक्षा मागणी जास्त असल्याचे दर्शवितो व म्हणून फक्त याच कालात जलसंचयाची आवश्यकता असल्याचे निदर्शनास येते.

५. यानंतर जलाशयातील जलसंचयाची समर्थता खालीलप्रमाणे काढतात :

गक रेषा उपलब्धता-वक्र रेषेवरील 'क' या सर्वात खालच्या बिंदूतून अफ या मागणी रेषेला समान्तर काढावयाची. गक रेषा व उपलब्धता वक्ररेषा यांतील सर्वात जास्त उभे अंतर म्हणजे 'बम' हे 'क' बिंदूपाशील तारखेच्या कोणत्याही अगोदरच्या तारखेस आवश्यक असणारी जलाशयातील जलसंचयाची समर्थता होय. याचे मापन 'य' अक्षावर 'बम' च्या उंचीइतके राहील व ते दशलक्ष लिटरमध्ये असेल.

उदाहरण :

पाण्याची मागणी दरमहा २,५०० दशलक्ष घनमीटर असल्यास जलाशयातील जलसंचयाची जास्तीत जास्त समर्थता किती लागेल हे खाली दिलेल्या माहितीवरून व एकत्रित आलेखावरून काढा.

महिना	वर्षास्त्रवण (दशलक्ष घन मी.)	महिना	वर्षास्त्रवण (दशलक्ष घन मी.)
जानेवारी	१०००	जुलै	७६३०
फेब्रुवारी	५००	ऑगस्ट	६४३०
मार्च	३५०	सप्टेंबर	४१००
एप्रिल	२४०	ऑक्टोबर	५२००
मे	६८०	नोव्हेंबर	३४१०
जून	२६८०	डिसेंबर	२३१०

रीत :

उपलब्धतावक्ररेषा काढण्यासाठी प्रथम एकत्रित वर्षास्त्रवणाची मापे काढा.ती खालीलप्रमाणे होतील :

जानेवारी	:	१०००			=	१०००
फेब्रुवारी	:	१०००	+	५००	=	१५००
मार्च	:	१५००	+	३५०	=	१८५०
एप्रिल	:	१८५०	+	२४०	=	२०९०
मे	:	२०९०	+	६८०	=	२७७०
जून	:	२७७०	+	२६८०	=	५४५०

अनुक्रमणिका

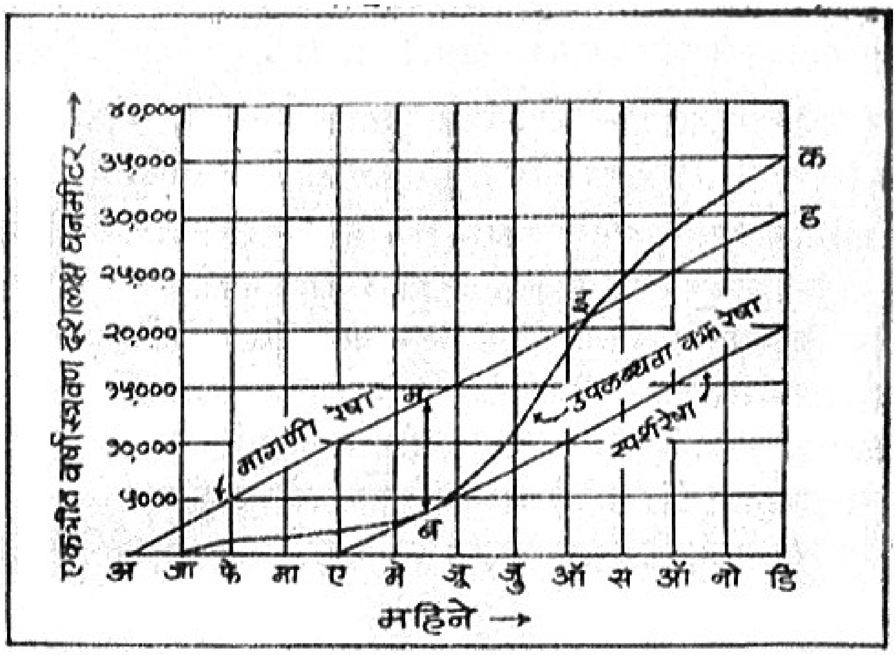
जुलै	:	५४५०	+	७६३०	=	१३०८०
ऑगस्ट	:	१३०८०	+	६४३०	=	१९५१०
सप्टेंबर	:	१९५१०	+	४१००	=	२३६१०
ऑक्टोबर	:	२३६१०	+	५२००	=	२८८१०
नोव्हेंबर	:	२८८१०	+	३४१०	=	३२२२०
डिसेंबर	:	३२२२०	+	२३१०	=	३४५३०

वरील मापांवरून उपलब्धता वक्ररेषा ‘अबक’ काढा. (आकृती ३ पाहा.)

नंतर एकत्रित मागणी ही २५०० × १२ = ३०,००० दशलक्ष घनमीटर इतकी होईल. त्यावरून मागणीरेषा अड काढा.

उपलब्धता वक्ररेषा व मागणीरेषा यांची सुरुवात एकाच बिंदूपासून करून आलेख पुरा करा. दोन्ही रेषा एकमेकांस ‘इ’ बिंदूत ऑगस्ट महिन्याच्या आसपास छेदतात असे दिसून येते. तत्पूर्वी म्हणजे ऑगस्ट महिन्यापर्यंत पाण्याची मागणी पाण्याच्या उपलब्धतेपेक्षा जास्त आहे आणि म्हणून या कालात जलसंचय करण्याची आवश्यकता आहे. या कालातील दोन रेषांमधील जास्तीत जास्त उभे अंतर ‘बम’म्हणजेचजलाशयातील जलसंचयाची जास्तीत जास्त समर्थता असून तिची किंमत ‘य’ अक्षावर १०,००० दशलक्ष घनमीटर आहे.

उदाहरणातील आलेख



आकृती ३

अनुक्रमणिका

२-७. उपादान :

नदी, कालवा, तळे, जलाशय इत्यादींमधून पाणी नळावाटे बाहेर काढून घेण्यासाठी जे बांधकाम केलेले असते त्यास ‘उपादान’ म्हणतात. नळावाटे बाहेर काढून घेतलेले पाणी पुढे जलशुद्धीकरण केंद्राकडे पाठविले जाते. उपादानासाठी जागा निवडताना व एकंदर रचना करताना पाणी दूषित होणार नाही, वाळू किंवा इतर तरंगणारे पदार्थ उपादानातील पाणी आत घेण्याचे मार्ग बंद करणार नाहीत इत्यादी गोष्टींची काळजी घ्यावी लागते. जोरदार वाऱ्यामुळे उपादानाला धोका पोहोचण्याचा संभव असतो. तसेच वाऱ्यामुळे प्रवाहाच्या तळातील चिखल व बारीक वाळू ढवळली जाऊन पाणी घाणेरडे बनते. जोरदार प्रवाहाच्या ठिकाणी उपादान बांधल्यास तरंगणारे पदार्थ, बर्फ, इत्यादी गोष्टी उपादानावर जोरात वाहात येऊन आदळण्याचा संभव असतो. ज्या कालव्यातून नावा व लहान बोटी इत्यादींची वाहतूक होते अशा कालव्यात शक्य तो उपादान बांधू नये; कारण तेथील पाणी बोटीतील सांडपाणी व इतर घाण पदार्थ बाहेर टाकल्याने दूषित झालेले असते. उपादानासाठी योग्य जागा निवडताना आजूबाजूच्या अनेक किलोमीटर अंतरातील जमीन व पाणी यांची आरोग्यदृष्ट्या पाहणी करणे आणि नजीकच्या आसमंतातील जलशास्त्रदृष्ट्या पाहणी करणे या दोन गोष्टीअत्यावश्यक आहेत. उपादान बांधकामासाठी लागणारा खर्च, पाण्याच्या उपलब्धतेची निश्चितता व पाण्याचे गुणधर्म इत्यादी बाबींचा विचार करणेही जरुरीचे आहे.

उपादानांचे वर्गीकरण मुख्यतः दोन प्रकारांत करतात—

(अ) पाण्याखालील – बुडलेले. असे उपादान लहान तळी किंवा लहान सरोवरे यांतील पाणी बाहेर काढून घेण्यासाठी वापरतात.

(ब) पाण्यावरील – उघडे. असे उपादान जलाशय, मोठी तळी किंवा मोठी सरोवरे इत्यादींतील पाणी बाहेर काढून घेण्यासाठी वापरतात.

पाण्याखालील – बुडलेले उपादान तळे अगर सरोवराच्या तळाशी चर खणूनव त्यात नलिका बसवून तयार करतात. चरातील नलिकेभोवती मऊ साहित्य भरतात व नलिकेवरील भागावर कठीण साहित्य भरून चर बुजवितात. नलिकांच्या जोडासाठी लवचिक जोड वापरतात व पाणी नलिकेत शिरणाऱ्या बाजूकडील तोंडासाठी घंटेच्या आकारासारखा तुकडा बसवितात. तोंडाकडील बाजू सुरक्षिततेसाठी लाकडी किंवा काँक्रीट गव्हाणीने (पिंजऱ्याने) आच्छादितात, व खुद्द तोंडावर आडव्या-उभ्या पोलादी गजांची जाळी किंवा तार-चाळणी बसवितात. अशा प्रकारचे उपादान कमी खर्चाचे असतात व ते पाण्यात खोलवर असल्याने जलवाहतुकीस त्यांचा अडथळा होत नाही. मात्र असे उपादान गाळामुळे बुजले जाण्याची किंवा नलिकेच्या तोंडाशी वारंवार गाळ साठण्याची शक्यता फार असते. नलिकेऐवजी तळाशी बोगदा खणून पाणी बाहेर घेण्याचीही पद्धत आहे.

पाण्यावरील – उघडे उपादान नदीच्या काठाशी अगर मोठे तळे किंवा जलाशय असेल तर किनाऱ्यापासून आतील बाजूस काही अंतरावर बुरुजासारखे बांधलेले असतात व त्यांना ‘उपादान बुरूज’म्हणतात. उपादान बुरूज जेव्हा बाहेरील पाण्याच्या पातळीइतक्या पाण्याने आतील बाजूसही भरलेला असतो तेव्हा त्यास ‘ओला उपादान बुरूज’ म्हणतात, व जेव्हा उपादान बुरुजातून नलिकेच्या

साहाय्याने बाहेरील पाणी परस्पर नलिकेवाटे नेले जाते. अशा वेळी खुद्द बुरुजात पाणी नसते म्हणून त्यास 'कोरडा उपादान बुरूज' म्हणतात.

२-८. उपादानासाठी योग्य ठिकाणाची निवड :

उपादानासाठी योग्य ठिकाण निवडताना खालील गोष्टी विचारात घ्याव्या लागतात :

(१) जेथे शीघ्र प्रवाह नसतील ते ठिकाण निवडावे.

(२) जमीन स्थिर हवी. नदीचा सरळ मार्ग जेथे असेल तो भाग सर्वात चांगला; कारण तेथे गाळ साचणे किंवा नदीकाठची धूप होणे अशा प्रकारांचा संभव कमी असतो.

(३) उपादानापर्यंत पोहोचण्यासाठीच्या मार्गात (पहुंच मार्गात) अडथळे नसावेत.

(४) उपादानात येणाऱ्या पाण्याची तळ-पातळी ही नदीच्या पाण्याच्या सर्वात खालच्या पातळीच्याही खाली असावी.

(५) पाण्यात असलेले आलंबित पदार्थ ते पाणी उपादानात येण्यापूर्वी स्थिरावून खाली बसण्यासाठी उपादानाबाहेर योग्य तितकी जागा हवी. अशी जागा पाण्याच्या पहुंच-मार्गातील गाळ खरवडून काढून तयार करता येते.

(६) उपादानाजवळील इमारतीच्या जमिनीची पातळी नदीच्या पाण्याच्या जास्तीत जास्त पूर-पातळीच्या वर हवी.

(७) थंड पाणी मिळण्यासाठी नदीच्या पाण्याच्या पृष्ठभागाखालील पाणी उपादानातून बाहेर काढून घेण्याची व्यवस्था करावी. मात्र असे करताना नदीच्या तळापाशील गढूळ पाणी (आलंबित पदार्थयुक्त) उपादानात येण्याचा संभव असतो.

(८) काठापासून उपादान काही अंतरावर बांधल्यास पाणी दूषित होण्याची शक्यता कमी असते.

(९) उपादानात पाणी घेण्यासाठी पुरेशी विवरे (प्रवेशनलिका) ठेवावीत. म्हणजे ज्या वेळी जास्तीत जास्त पाणी उपादानात येईल त्या वेळी भोवरायुक्त प्रवाह तयार होणार नाहीत व त्यामुळे उपादानात नदीच्या पाण्याच्या पृष्ठभागावर तरंगणारे पदार्थ खेचले जाणार नाहीत.

(१०) उपादानात येणाऱ्या नलिकेच्या शेवटी पाण्यातील मासे व तरंगणारे पदार्थ येऊ नयेत म्हणून संरक्षणव्यवस्था केली पाहिजे.

पाणी उपादान बुरुजात आल्यावर तेथून ते संकर्षक नलिकेवाटे 'जॅक-विहिरी'त नेले जाते. जॅक-विहिरीतील पाणी पंपाच्या साहाय्याने उपसून पुढे शुद्धीकरण प्रक्रियेसाठी नेतात. संकर्षक नलिकेतून

वाहणाऱ्या पाण्याचा वेग दर सेकंदास ०·६ ते १ मीटर इतका असतो. या वेगावरून नलिकेचा व्यास किती पाहिजे ते ठरविता येते. मात्र त्यासाठी दर सेकंदास नलिकेतून किती पाणी जावयास हवे (घन मीटरमध्ये) ते माहीत असावयास पाहिजे.

२-९. उपादानाचे प्रकार :

सर्वसाधारणपणे उपादानाचे तीन प्रकार आहेत, ते म्हणजे—

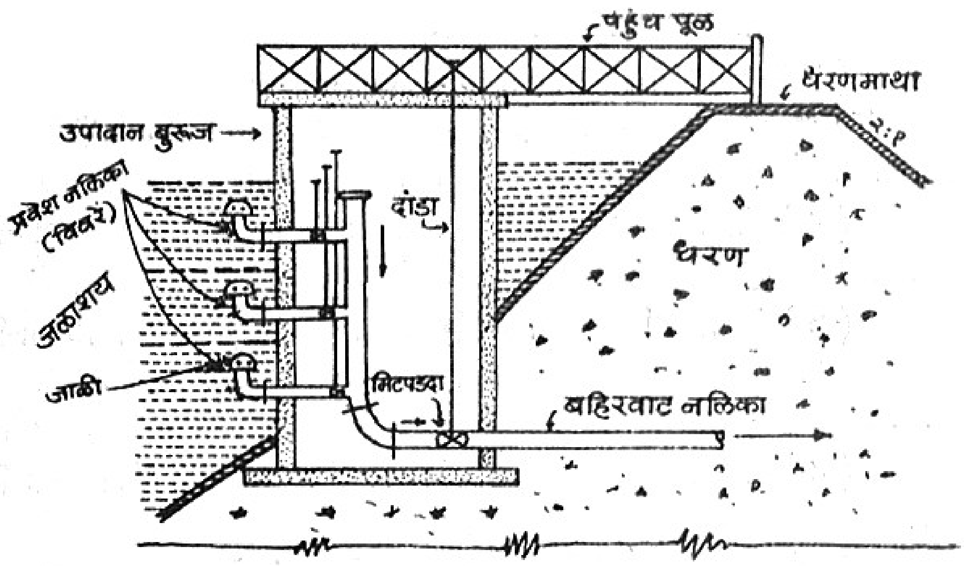
(अ) जलाशय किंवा सरोवरासाठी उपादान (Reservoir intake),

(ब) नदीसाठी उपादान (River intake),

(क) कालव्यासाठी उपादान (Canal intake).

(अ) जलाशय उपादान : आकृती ४ पाहा.

जलाशय उपादान



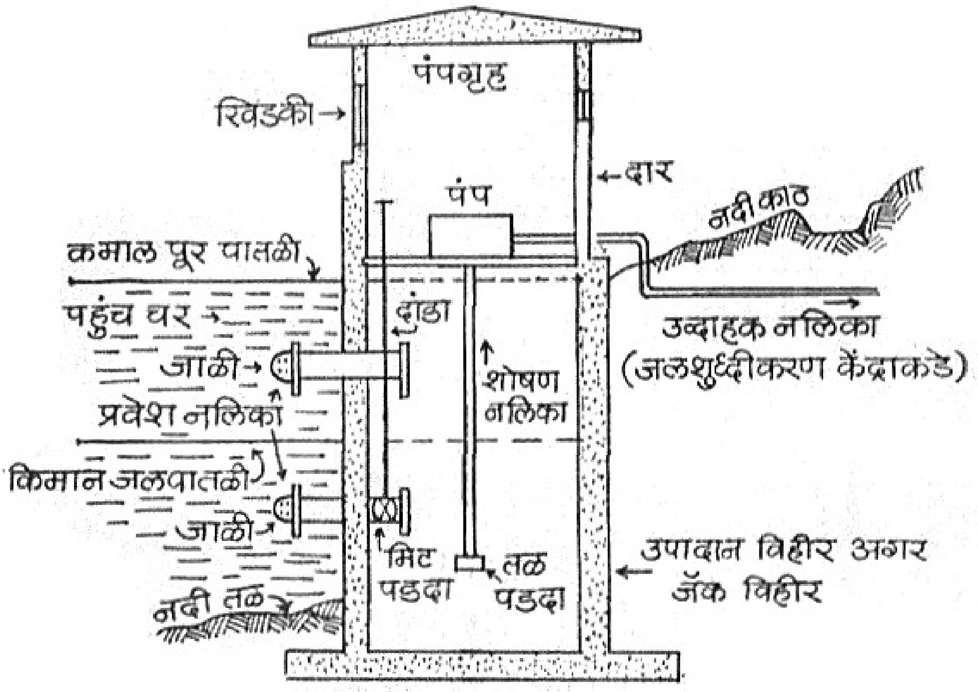
आकृती ४

वरील आकृतीवरून जलाशय उपादानाची कल्पना येईल. अशा उपादानाच्या साहाय्याने दर खेपेस पृष्ठभागापासून खालच्या पातळीवरील पाणी काढून घेता येते. उपादान बुरुजात अनेक पातळींवर प्रवेशनलिका किंवा विवरे ठेवल्याने व प्रत्येक प्रवेशनलिकेस मिट-पडदा बसविल्याने एका वेळी एक किंवा अनेक प्रवेशनलिकांतून पाण्याच्या योग्य वा अयोग्य गुणधर्मानुसार पाणी उपादान बुरुजात घेता येते व ते बहिरवाट नलिकेमार्गे जॅक-विहिरीत सोडता येते. निरनिराळ्या पातळींवरील प्रवेशनलिकांमुळे दर खेपेस

शक्य तो निवळलेले पाणी मिळू शकते. जलाशय उपादान बुरुजाची भिंत वर्तुळाकार असून ती कॉंक्रीट किंवा दगडी बांधकाम केलेली असते. ज्या वेळी मातीचे धरण असते अशा वेळी उपादान बुरूज पाण्याच्या बाजूस धरणाच्या पायथ्याशी बांधलेला असतो व दगड अगर कॉंक्रीट धरणांच्या बाबतीत तो खुद्द धरणाच्या भिंतीतच असू शकतो. प्रत्येक प्रवेशनलिकेच्या तोंडावर जाळी बसविलेली असते व त्यामुळे पाण्यातील तरंगणारे पदार्थ आत येऊ शकत नाहीत व बहिरवाट नलिकेत अडथळा होत नाही. धरणमाथ्यापासून उपादान बरुजापर्यंत पोहोचण्यासाठी पहुंच पूल बांधलेला असतो त्यामुळे प्रवेशनलिका व बहिरवाट नलिका यांच्यावरील मिट-पडद्यांची उघडझाप करणे सोपे जाते.

(ब) नदी उपादान :आकृती ५ पाहा.

नदी उपादान



आकृती ५

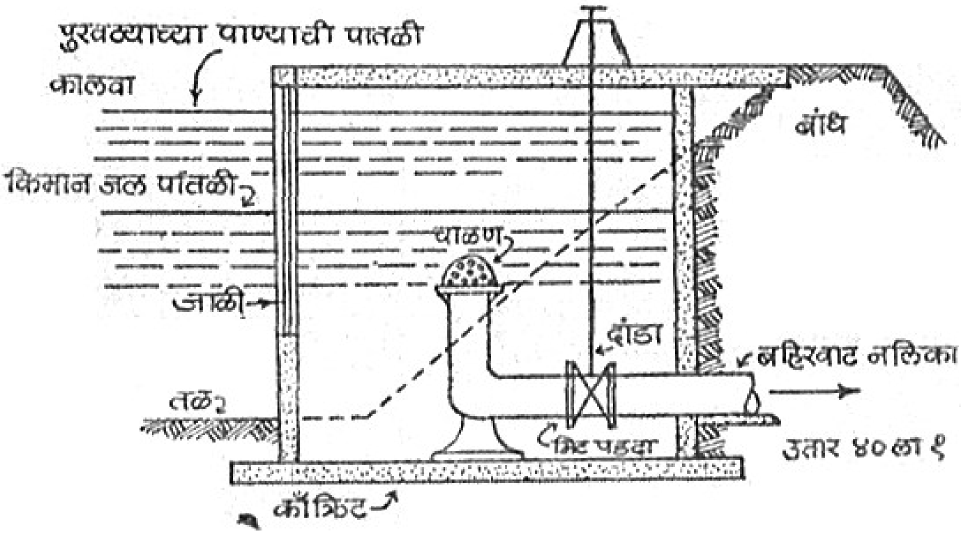
नदीउपादानासाठी कॉंक्रीटचे बांधकाम केलेली उपादान विहीर असते. उपादान विहिरीत पाणी येण्यासाठी नदीतील पाण्याच्या बाजूस आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे प्रवेशनलिका बसविलेल्या असतात. प्रवेशनलिकेच्या तोंडाच्या बाजूस जाळी व मागील बाजूस मिट पडदा बसविलेला असतो. प्रवेशनलिका पाण्याच्या निरनिराळ्या पातळींवर बसविलेल्या असतात. सर्वांत खालची प्रवेशनलिका नदीच्या किमान जलपातळीच्या खाली परंतु नदीतळापासून वर बसविलेली असते; त्यामुळे नदी-उपादानात सतत पाणी आत येऊ शकते व ते गाळविरहित असते. उपादान विहिरीत अगर 'जॅक-विहिरी'त कमाल पूर पातळीच्या वर कॉंक्रीटची जमीन बांधून त्यावर विहिरीतील पाणी वर खेचण्यासाठी पंप बसविलेला असतो. उद्वाहक पंप असल्यास त्याच्या शोषणनलिकेच्या तळाशी तळपडदा असतो, त्यामुळे पंपाचे कार्य बंद असल्यास पंपातील व शोषण-नलिकेतील पाणी गुरुत्वाकर्षणामुळे निघून जाऊ शकत नाही व त्यामुळे पंप पुन्हा सुरू

अनुक्रमणिका

करते वेळी पंपात व शोषण-नलिकेत पाणी भरावे लागत नाही. पंपाने वर खेचलेले पाणी उद्वाहक नलिकेतून जलशुद्धीकरण केंद्राकडे पाठविले जाते. पंपाच्या सुरक्षिततेसाठी व इतर यंत्रसामग्री, मिट-पडद्यांची उघडझाप इत्यादी गोष्टींसाठी पंपगृह बांधलेले असते.

(क) कालवा उपादान : आकृती ६ पाहा.

कालवा उपादान



आकृती ६

कालवा-उपादान हे नलिका उपादानाच्या स्वरूपात असून ते कालव्याच्या तळाशी आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे काँक्रीटच्या भिंती व तळ बांधून तयार केलेले असते. कालव्यातील पुरवठ्याच्या पाण्याची पातळी बहुतांशी कायम राहात असल्याने कालवा-उपादानात एकच प्रवेश-नलिका पुरेशी असते. नलिकेचे तोंड घंटेच्या आकाराचे वापरून त्यावर तारचाळण बसविलेली असते. तसेच उपादानात ज्या बाजूकडून पाणी आत घ्यावयाचे त्या बाजूस गजांची जाळी बसविलेली असते. यामुळे तरंगणारे पदार्थ आत येण्यास व बहिरवाट नलिकेत शिरण्यास मज्जाव केला जातो. बहिरवाट नलिकेच्या तोंडाची पातळी कालव्यातील किमान जलपातळीच्या खाली ठेवलेली असते; त्यामुळे कालव्यातील पाणी सदैव मिळू शकते.

प्रकरण तिसरे

भूमिगत पाणी

३-१. भू-पृष्ठाखालील भूस्तरांच्या विशिष्ट रचनेमुळे मोठ्या प्रमाणात पाणी साठविले जाते. भूपृष्ठावर साठणारे व साठविलेल्या पाण्यापैकीही बरेच पाणी जमिनीत मुरते. असे सर्व पाणी डोंगरातील झरे, उथळ व खोल विहिरी, नलकूप, कारंजी-विहिरी, अंतर्झरण विहिरी, पाझर-बोळ इत्यादींमधून उपलब्ध होते. याच पाण्याला भूमिगत पाणी असे म्हणतात. अशा पाण्याचे गुणधर्म चांगले असल्याकारणाने भूमिगत पाण्याची उगमस्थाने महत्त्वाची मानली जातात.

पाण्यात जवळजवळ सर्व पदार्थ विरघळत असल्यामुळे भूमिगत पाण्याचे गुणधर्म ते पाणी जमिनीतील ज्या तऱ्हेच्या पदार्थांमधून वाहते व त्यातील कोणकोणते पदार्थ किती किती प्रमाणात विरघळले गेले त्यावर मुख्यत्वे अवलंबून असतात. कॅल्शियम, मॅग्नेशियम, सोडियम, पोटॅशियम, लोह, मँगॅनीज इत्यादी पदार्थ पाण्यात विरघळणारे असून ते भूपृष्ठाखालील भागात निरनिराळ्या जाडीच्या थरांच्या स्वरूपात आढळून येतात. भूमिगत पाण्याचा सांडपाण्याशी किंवा औद्योगिक अपशिष्टाशी संबंध आला नसेल तर त्या पाण्यात जंतू नसतात. समुद्रानजीकच्या भागातील विहिरीत समुद्राचे खारे पाणी येते. भूमिगत पाण्यात मिथुन, कर्बद्वि-प्राणिल, उज्रगद्धिद इत्यादी वायू विरघळलेल्या स्वरूपात असण्याचा संभव असतो. तसेच भूमिगत पाणी बहुतेककरून कठीण असते. अशा सर्व कारणांमुळे भूमिगत पाणी वापरण्याआधी ते शुद्ध करून घेणे आवश्यक ठरते.

३-२. विहिरी व त्यांचे प्रकार :

सर्वसाधारणपणे विहिरींचे प्रकार खालीलप्रमाणे आहेत :

(१) खोदीव विहिरी (Dug wells)
(२) नलिका विहिरी अगर नलकूप
} उथळ विहिरी (Shallow wells)

(३) ड्रिलने खणलेल्या विहिरी— खोल विहिरी (Deep wells)
- (अ) आघात छेदन विहिरी (Percussion drilled wells)
- (ब) पाणझोताच्या मदतीने खणलेल्या विहिरी(Jetted wells)
- (क) कोअर (गर्भ) ड्रिल विहिरी (Core-drill wells)

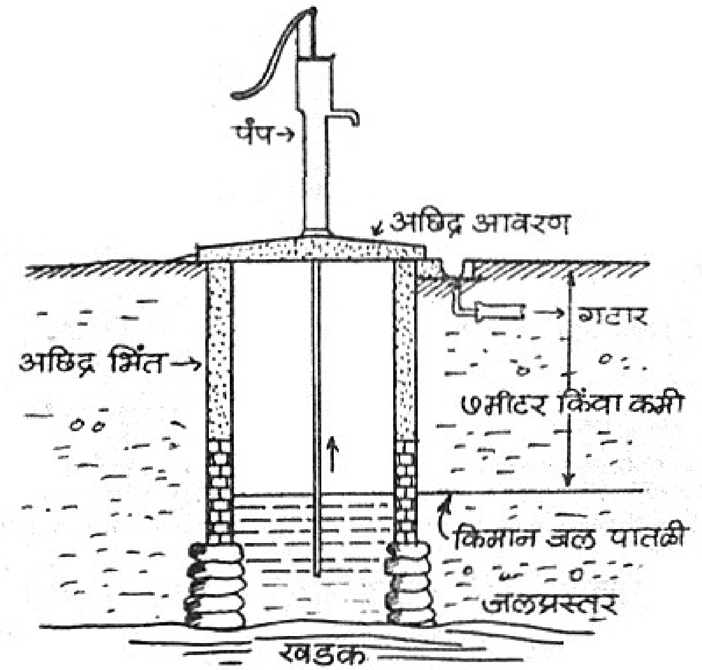
विहिरी खणण्याच्या पद्धतीवरून त्यांचे प्रकार तयार झाले आहेत.

(१) खोदीव विहिरी :आकृत्या ७-अ आणि ७-ब पाहा.

खोदीव विहिरी या उथळ असून त्या कमी खर्चात तयार होत असल्याने कृषिप्रधान देशांमध्ये त्या सर्वत्र आढळून येतात. लहान विहिरी सामान्तः १ ते ३ मीटरपर्यंत व्यासाच्या असतात व मोठ्या विहिरी १२ मीटर व्यासाच्याही असू शकतात. अशा विहिरींची खोली ३० मीटरपर्यंतही असू शकते. खोदीव विहिरींचे

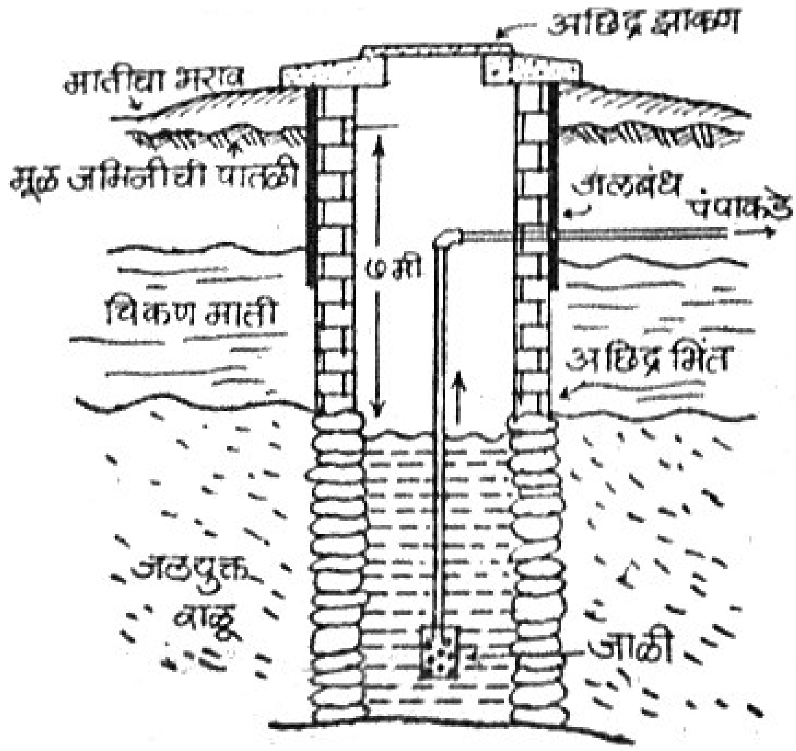
खोदकाम कुदळी, पहारी, फावडी इत्यादी आयुधे वापरून करतात. खोदीव विहिरींना आतील बाजूस विटा, दगड अगर काँक्रीटचे बांधकाम केलेले असते; त्याला 'अस्तर' म्हणतात. अस्तरामुळे विहिरीच्या परिघाभोवतीची ढिली अगर भुसभुशीत माती अगर मुरूम विहिरीत कोसळत नाही. या अस्तरास 'कडे' असेही म्हणतात. ज्या विहिरीच्या पाण्याचा उपयोग पिण्यासाठी करावयाचा असतो त्या विहिरीच्या अस्तराचा सर्वांत वरील २ ते ३ मीटर उंचीचा भाग अछिद्र केलेला असतो व विहिरीच्या तोंडावर काँक्रीट अगर त्यासारख्या पदार्थाचे अछिद्र आवरण टाकलेले असते. यामुळे भूमिगत जंतू व भू-पृष्ठावरील अपशिष्टे यांच्यायोगे विहिरीतील पाणी दूषित होण्याचे टळते.

माथ्यावर पंप बसवलेली खोदीव उथळ विहीर



आकृती ७-अ

पंपापासून काही अंतरावर असलेली खोदीव उथळ विहीर

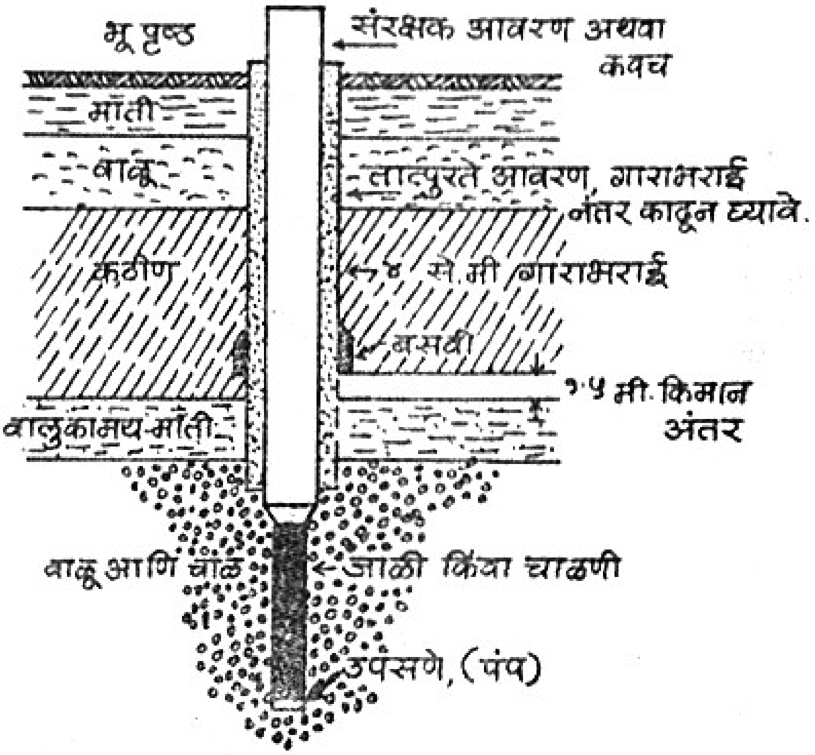


आकृती ७-ब

अनुक्रमणिका

(२) नलिका-विहिरी अगर नलकूप :आकृती ८ पाहा.

<u>नलिका विहीर अगर नलकूप</u>



आकृती ८

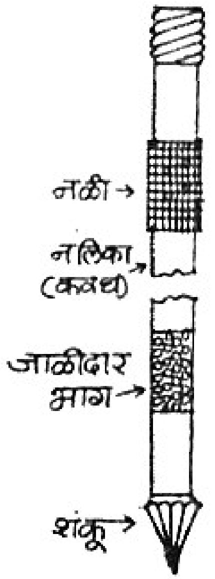
अशा प्रकारच्या विहिरी भुसभुशीत जमिनीत 'खोलवत' अगर सामत्यासारख्या हत्याराने खणतात. जमिनीचा प्रकार, विहिरीचा व्यास व खोली या गोष्टी विचारात घेऊन त्याप्रमाणे खोलवत हातांनी, अश्वशक्तीने अगर गॅसोलिन (पेट्रोल) शक्ती वापरून फिरवितात. खोलवतात माती भरली गेल्यावर ते बाहेर ओढून माती काढून टाकून स्वच्छ करतात, व पुन्हा विहीर खणण्याची क्रिया खोलवत फिरवून सुरू करतात. खणण्याची क्रिया ज्या वेळी भूमिजल पातळीच्या खालील वाळूमध्ये सुरू होते त्या वेळी खणलेली वाळू पंप वापरून उपसण्यात येते. साधारणतः ५ सेंटिमीटर ते ७५ सेंटिमीटरपर्यंत व्यासाच्या व ९ ते १२ मीटरपर्यंत खोलीच्या नलिका-विहिरी हातांनी फिरवायच्या खोलवतांनी खणता येतात. २० सेंटिमीटर ते ७५ सेंटिमीटर व्यासाच्या व ७·५ ते ९० मीटरपर्यंत खोलीच्या नलिका-विहिरी खणण्यासाठी मात्र यांत्रिक खोलवतांचा उपयोग करावा लागतो. नलिका-विहिरीत एक किंवा जास्त जलप्रस्तरांतील पाणी गोळा केले जाते, व ही गोष्ट विहिरीच्या एकंदर खोलीवर अवलंबून राहते. ज्या ज्या ठिकाणी जल-प्रस्तराचा भाग येईल त्या त्या ठिकाणी जाळी बसविण्यात येते, व त्यामुळे जल-प्रस्तरातील फक्त पाणी विहिरीत येऊ शकते; वाळूचे कण येऊ शकत नाहीत.

(३) ड्रिलने खणलेल्या विहिरी :

(अ) आघात-छेदन विहिरी :

ज्या ठिकाणी जमीन भुसभुशीत व रवाळ मातीची असेल त्या ठिकाणी आघात-छेदन विहिरी खणतात. अशी विहीर खणताना आकृती ९ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे पोलादी नळीच्या बुंध्याशी शंकूच्या आकाराचा पोलादी तुकडा बसवून ती नळी घणाच्या साहाय्याने जमिनीत पाणी लागेपर्यंत वरून ठोकतात. नंतर या नळीत एक नलिका घालतात. या नलिकेचा बुंध्याकडील काही भाग जाळीदार असतो व त्यावरील भागावर छिद्रे असतात. नलिकेचा व्यास २·५ ते १५ सें.मी. पर्यंत असतो. जमिनीखाली ज्या ज्या ठिकाणी वाळू असलेला प्रस्तर येईल त्या त्या ठिकाणातील वाळू नळीत येऊ नये म्हणून नलिकेवरील छिद्रांवर जाळीचे आवरण घालतात. नळी जमिनीत ठोकताना जाळीदार भागाला धक्का पोहोचू नये म्हणून व छिद्रे बुजून जाऊ नयेत म्हणून बुंध्याकडील शंकूचा व्यास नळीच्या व्यासापेक्षा मोठाठेवलेला असतो. त्यामुळे नळीच्या व्यासापेक्षा जमिनीत पडणाऱ्या भोकाचा व्यास मोठा राहतो. पाणी लागल्यावर बाहेरील नळी काढून घेतात.

आघात छेदन विहीरीसाठी नळी

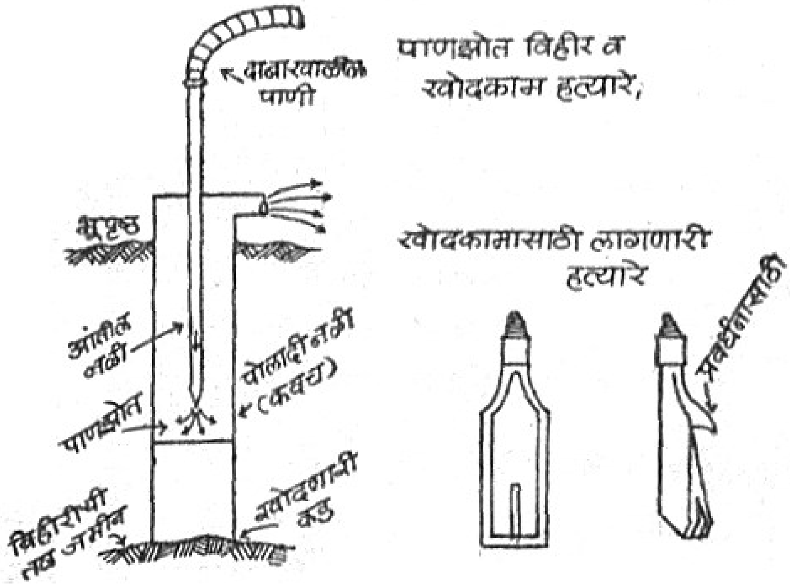


आकृती ९

आघात-छेदन विहिरी कमी व्यासाच्या व कमी खोलीच्या असतात. कारण नळी जास्त खोलीपर्यंत ठोकणे अवघड जाते, व त्यामुळे अशा एका विहिरीपासून सर्वसाधारणपणे दर मिनिटाला १०० ते १५० लिटर इतके पाणी मिळू शकते. यापेक्षा जास्त पाणी लागल्यास एका विहिरीभोवती वर्तुळाकार जागेत अनेक विहिरी खणतात व शोषण-पंपाच्या साहाय्याने त्यांतील पाणी खेचून काढतात.

(ब) पाणझोताच्या मदतीने खणलेल्या विहिरी :

पाणझोताच्या मदतीने खणावयाच्या विहिरीसाठी ज्या नळीतून पाणझोत सोडावयाचा ती आतील नळी, बाहेरील पोलादी नळी (कवच), आणि आतील नळीतून सतत दाबाखाली पाणी सोडण्यासाठी पंप असे साहित्य लागते. खुद्द खणण्याच्या क्रियेसाठी आकृती क्र. १० मध्ये दाखविल्याप्रमाणे हत्यारे लागतात व ती आतील नळीच्या बुंध्याशी बसवून माती, वाळू, चाळ इत्यादी प्रकारची भुसभुशीत जमीन खणतात. ज्या जागी विहीर खणावयाची त्या जागेवर सर्वप्रथम बाहेरील पोलादीनळी (कवच) उभी करून त्या नळीत आतील नळी सोडून खोदकामास सुरुवात करतात. खणून झालेली माती व सैल झालेली माती पाण्याच्या झोताने पाण्यात मिसळली जाऊन ते पाणी बाहेरील नळी व आतील नळी या दोन नळ्यांमधील पोकळ जागेतून वर येते व मग ते भू-पृष्ठावर पडते. काही वेळा बाहेर पडणारे गढूळ पाणी निक्षेपण टाक्यात साठवून ते निवळल्यावर पाणझोतासाठी पुन्हा वापरतात. पाणझोताने खणलेल्या विहिरी १·५ मीटर व्यासापर्यंत असू शकतात, व त्या फार जलद रीतीने खणता येतात. उकरलेली माती पाण्याबरोबर जसजशी बाहेर येऊ लागते तसतशी बाहेरील पोलादी नळी तिच्या वजनाने खाली खाली जाते, व अशा रीतीने पाहिजे त्या खोलीची विहीर खणता येते.



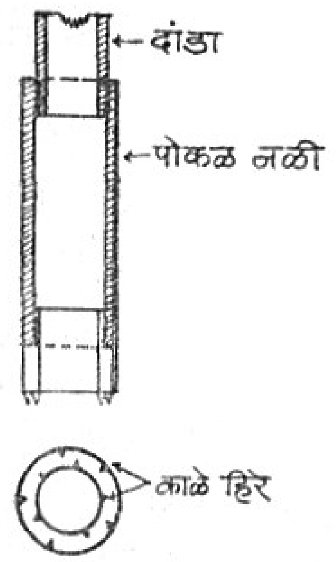
आकृती १०

(क) कोअर (गर्भ) ड्रिल विहीर :आकृती ११ पाहा.

कठीण दगडात विहीर खोदण्यासाठी कोअर (गर्भ) ड्रिल पद्धत वापरतात. या पद्धतीत एका पोकळ नळीच्या बुंध्याशी परिघासमवेत काटेरी दात (काळे हिरे) बसविलेले असतात. हे दात दगडापेक्षा कठीण असल्याने नळी फिरविली असता दगडात भोक पडत जाते व सैल होऊन निघालेले दगडाचे तुकडे व भुकटी पोकळ नळीतून वर येऊन बाहेर निघू शकते. काही वेळा पाणी वापरून दगडाचे तुकडे व भुकटी बाहेर काढता येते. भूमिगत पाणी लागेपर्यंत विहीर खोदाई चालू ठेवतात. अशा विहिरी दगडात खोदलेल्या असल्यामुळे त्यांना आतील बाजूस आवरणाची आवश्यकता नसते. मात्र धातूच्या नळीचे कवच थेटपर्यंत कायमचे ठेवलेले असते, व त्यामुळे नळीतून पाणी वर खेचता येते. विहीरही बुजली जाण्याचा धोका नसतो. अशा विहिरी एक मीटर व्यासापर्यंत असू शकतात. सर्वसाधारणपणे ३०० मीटर खोलीपर्यंत त्या खणता येतात.

अनुक्रमणिका

कोअर ड्रिल



आकृती ११

३-३. विहिरीसाठी कवच व चाळणी :

नलिका-विहिरी अगर नलकूप आणि ड्रिलने खणलेल्या विहिरी यांच्यासाठी कवच व चाळणी यांची फार आवश्यकता असते. विहीर खणून झाल्यावर नलिकायुक्त कवच खणलेल्या भोकामध्ये सोडतात. निरनिराळ्या लांबीच्या नलिका एकमेकांना स्क्रू-सॉकेट सांध्यामुळे जोडता येतात व त्यामुळे पाहिजे तेवढ्या लांबीचे कवच तयार होऊ शकते. कवचाचा व्यास थेटपर्यंत एकच असू शकतो, किंवा एक अगर दोन ठिकाणी लहानही करता येतो. लहान व्यासाचे कवच विहिरीच्या खालच्या पातळीवर वापरतात. कवच वापरल्याने विहिरीचा व्यास मोठा मोठा होत जात नाही; कोरड्या भू-प्रस्तरात विहिरीत लागलेले पाणी निघून जाऊ शकत नाही; भू-पृष्ठावरील घाण विहिरीत पडून पाणी दूषित होऊ शकत नाही; तसेच विहिरीच्या वरच्या बाजूच्याजल-प्रस्तरातील वाईट गुणधर्म असलेले पाणी विहिरीत येऊ शकत नाही, व त्यामुळे विहिरीतील पाण्याचे गुणधर्म अबाधित राहू शकतात. कवच वापरल्याने अयोग्य अशा भू-रचनेतही विहिरी खणणे शक्य होते.

विहिरीतील कवच-नलिका थोडी वर उचलून घेऊन तिच्या तळाशी चाळणी अगर जाळी बसवितात. चाळणीचा उपयोग जल-प्रस्तरातील वाळूचे कण विहिरीत येऊ नयेत यासाठी होतो. चाळणीमुळे फक्त पाणीच विहिरीत येते. चाळणीला अनेक बारीक बारीक छिद्रे असतात. अशा सर्व छिद्रांचे क्षेत्रफळ असे असते की, त्यातून विहिरीत येणाऱ्या पाण्याचा वेग दर सेकंदास ७·५ सें. मीटरपेक्षा जास्त नसतो. चाळणीतील छिद्रांचा आकार किती पाहिजे हे ज्या वालुकामय प्रस्तरात चाळणी वापरावयाची त्या प्रस्तरातील कोरड्या वाळूच्या कणांचे पृथक्करण करून ठरवितात. छिद्रांची एकूण संख्या अशी ठेवतात की, सामान्यतः जल-प्रस्तरातील ७० टक्के वाळूचे कण चाळणीतून पलीकडे जाऊ शकतील व निदान ३० टक्के

अनुक्रमणिका

कण तरी विहिरीत येऊ शकणार नाहीत. छिद्रे बुजणार नाहीत व पाणी भरपूर प्रमाणात विहिरीत येईल हेही पाहावे लागते. चाळणी गंजू नये म्हणून ब्रॉंझ, पितळ अगर स्टेनलेस स्टील यांसारख्या न गंजणाऱ्या धातूंपासून बनविलेली असते.

बरेच वेळा जल-प्रस्तरातील वाळूचे कण व नलिकेचे कवच ह्या दोन्हींमधील सापटीत कंकर टाकून विहिरीत येणारे पाणी वाढविण्याची पद्धत आहे.

३-४. विहिरीतील पाण्याची उपलब्धता :

विहिरीतून किती पाणी उपलब्ध होऊ शकेल ते सूत्रे वापरून काढता येते. अशी सूत्रे डारसीच्या नियमावर आधारलेली आहेत. डारसीचा नियम हा पाणी झिरपण्याचा वेग, जल-प्रस्तरातील पदार्थांची वाहकता आणि जल-पातळीचा उतार या गोष्टींच्या परस्पर संबंधाबद्दल आहे. या नियमाप्रमाणे—

$$\text{उ} = \frac{\text{ख}}{\text{प}}$$

$$\text{उ} = \text{जल-पातळीचा उतार} = \frac{\text{जल-पातळीवरील कोणत्याही दोन बिंदूंच्या उंचीतील फरक}}{\text{त्या दोन बिंदूंमधील उताराची लांबी}}\ ;$$

ख = एक चौरस मीटर क्षेत्रफळातून झिरपणाऱ्या पाण्याचे प्रमाण दर दिवशी लिटरमध्ये;

प = वाहकता गुणांक (माइन्झरच्या व्याख्येनुसार).

डारसीच्या नियमावर आधारित ड्युपिटचे सूत्र खालीलप्रमाणे आहे :

$$\text{ख} = \frac{\pi \times \text{प}\,(\text{ड}^{\text{२}}_{\text{१}} - \text{ड}^{\text{२}}_{\text{२}})}{\text{२·३ लॉग}_{\text{१०}}\ \dfrac{\text{र}}{\text{र}_{\text{१}}}}\ \text{लिटर प्रतिदिनी;}$$

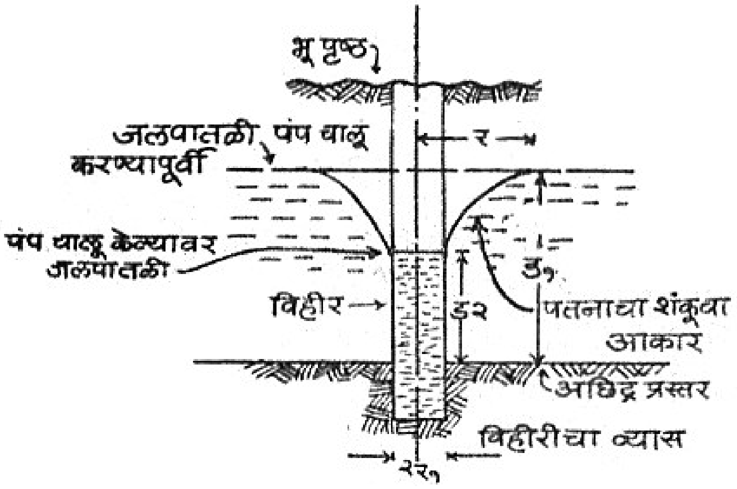
किंवा—

$$\text{ख} = \text{क}\ \frac{(\text{ड}^{\text{२}}_{\text{१}} - \text{ड}^{\text{२}}_{\text{२}})}{\text{लॉग}_{\text{१०}}\ \dfrac{\text{र}}{\text{र}_{\text{१}}}}\ \text{लिटर दर मिनिटाला.}$$

क हा स्थिरांक असून त्याची किंमत $\dfrac{\text{प} \times \text{१०००} \times \pi}{\text{२·३} \times \text{६०} \times \text{२४}}$ इतकी आहे.

$\text{ड}_{\text{१}}$, $\text{ड}_{\text{२}}$, र आणि $\text{र}_{\text{१}}$ हे आकृती क्र. १२ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे असून त्यांच्या किंमती मीटरमध्ये आहेत. र या त्रिज्येची किंमत सर्वसाधारणपणे ३०० मीटर धरतात.

साधी विहीर - पाण्याची उपलब्धता



आकृती १२

विहिरीतील पाण्याची उपलब्धता अजमावण्यासाठी सूत्रांखेरीज सोप्या अशा दुसऱ्या दोन पद्धती प्रचारात आहेत, त्या म्हणजे : (अ) पंप-चाचणी पद्धत, आणि (ब) पुनर्भरण पद्धत.

(अ) पंप-चाचणी पद्धत :

या पद्धतीत विहिरीवर पंप बसवून विहिरीतील पाणी बाहेर उपसतात. पाणी विहिरीबाहेर उपसण्याची क्रिया अशा रीतीने चालू ठेवतात की, विहिरीतील पाण्याची पातळी एका विवक्षित (सुरक्षित) पातळीच्या खाली जाणार नाही, व पाणी यासुरक्षित पातळीवरच कायम राहील. म्हणजे त्या विहिरीत जेवढे पाणी आत येते तेवढेच पाणी पंपाच्या साहाय्याने बाहेर उपसले जाते. तेव्हा पंपातून बाहेर येणारे पाणी मोजले म्हणजे विहिरीतील पाण्याची उपलब्धता कळून येते.

सुरक्षित पातळी कोणती हे खालील गोष्टींवरून ठरवितात—

विहिरीतील पाणी उपसण्याचे प्रमाण वाढवत गेले तर एका ठराविक मर्यादेपलीकडे भू-जलप्रस्तरातून विहिरीत येणाऱ्या पाण्याचे प्रमाण कमी पडत जाते व त्यामुळे पाणी आपणहून आत येण्याऐवजी तेही विहिरीत खेचले जाऊन त्याबरोबर जलप्रस्तरातील वाळूही आत येऊ लागेल व त्यामुळे गढूळ पाणी पंपाबाहेर पडू लागेल. तेव्हा अशा ज्या कमाल मर्यादेपर्यंत गढूळ पाणी पंपाबाहेर येणार नाही, म्हणजेच विहिरीत वाळूचे कण येणार नाहीत व ही गोष्ट विहिरीतील पाण्याच्या ज्या कमाल पातळीपर्यंतच शक्य आहे ती पातळी सुरक्षित पातळी होय.

पंप-चाचणी पद्धत ही वर्षातील पावसाचा मोसम सोडून राहिलेल्या मोसमातच वापरतात.

अनुक्रमणिका

पंप-चाचणी पद्धतीत जर 'ख' इतके पाणी 'त' तासात उपसले व पंप बंद केल्यावर $त_१$ तासात जर विहिरीतील पाण्याची पातळी मूळ पातळीइतकी झाली तर—

$$\text{सुरक्षित उपलब्धता} = \frac{\text{ख}}{\text{त} + \text{त}_१} \text{ लिटर, दर ताशी, इतकी होईल.}$$

(ब) पुनर्भरण पद्धत : (Recuperation test)

या पद्धतीत विहिरीतील पाणी कोणत्याही एका पातळीपर्यंत पंपाच्या साहाय्याने उपसतात. नंतर पंप बंद करून विहिरीतील पाण्याची पातळी पूर्ववत (मूळ पातळीपर्यंत) होण्यासाठी लागणारा वेळ मोजतात. पंप सुरू करण्यापूर्वी पाण्याची मूळ पातळी विहिरीच्या तळापासून $ड_१$ उंचीवर असेल, आणि ही पातळी पंपाने उपसा केल्यावर व पंप बंद केल्यावर $ड_२$ उंचीवर असेल, तर $(ड_१ - ड_२)$ इतक्या उंचीचे पाणी विहिरीत परत येईल. त्यासाठी समजा, त इतके तास लागले असतील तर पाण्याची उपलब्धता खालील सूत्रावरून काढता येते—

$$\text{ख} = २{\cdot}३ \times \frac{\text{क्ष}}{\text{त}} \times \text{लॉग} \frac{ड_१}{ड_२} \text{ घनमीटर, दर ताशी, एक मीटर उंचीसाठी.}$$

क्ष = विहिरीचे क्षेत्रफळ, चौरस मीटरमध्ये.

त = पुनर्भरणासाठी लागलेला वेळ, तासात.

$ड_१ - ड_२$ = त तासात विहिरीत आलेल्या पाण्याची उंची, मीटरमध्ये.

∴ पाण्याची उपलब्धता = ख × $ड_२$ घनमीटर, दर ताशी, $ड_२$ उंचीसाठी.

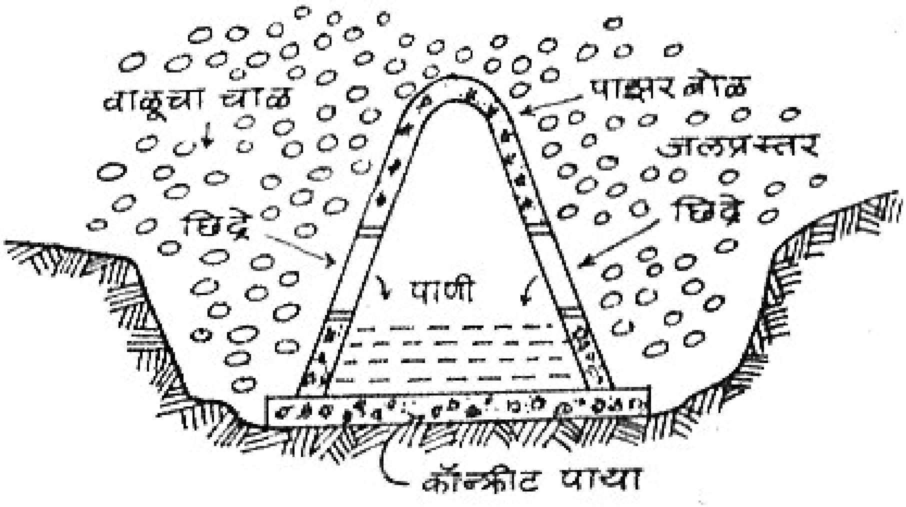
३-५. अंतर्झरण विहिरी किंवा पाझरबोळ (Infiltration wells or gallery) :

अंतर्झरण विहिरी या जलप्रस्तरातील पाण्याच्या प्रवाहात खणलेल्या असतात. बहुधा त्या प्रवाहास लंबायमान अशा असतात. त्या नदीच्या काठाशी किंवा काही वेळा नदीच्या पात्रातही बांधतात. अशा विहिरीमध्ये पाणी झिरपून आत येते. काही वेळेस अनेक विहिरी एकाशेजारी एक बांधून त्या सर्वांचे पाणी एकत्र करतात व मग पंपाच्या साहाय्याने पाणी बाहेर काढून त्याचा पुरवठा करतात.

पाझरबोळ म्हणजे आडव्या विहिरी होत व ते जल-प्रस्तरात बोगदा खणल्याप्रमाणे असतात. आकृती १३ पाहा. ह्यातही पाणी झिरपून आत येते.

अनुक्रमणिका

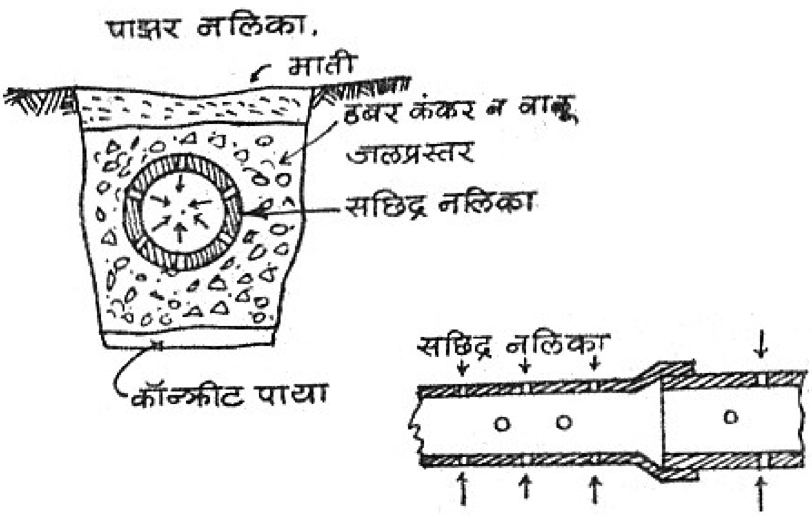
पाझर बोळ



आकृती १३

काँक्रीट किंवा विटा वापरून पाझरबोळांचे बांधकाम केलेले असते. या बांधकामात ठिकठिकाणी अश्रुछिद्रे किंवा जलछिद्रे ठेवलेली असतात. या छिद्रांतूनच जल-प्रस्तरातील पाणी झिरपून पाझरबोळात येऊन साठते. ज्या ठिकाणी पाझर-नलिका वापरली असेल त्या ठिकाणीही नलिकेतील छिद्रांतून पाणी आत येते. आकृती १४ पाहा. दोन नलिकेंतील जोडही सैल ठेवलेला असल्यामुळे त्यातूनही पाणी आत येऊ शकते. अशा रीतीने पाझरबोळ किंवा पाझर-नलिकेत साठलेले पाणी पंपाच्या साहाय्याने उपसतात व ते शुद्ध केल्यावर दैनंदिन व्यवहारासाठी वापरतात. पाझरबोळ अगर पाझर-नलिकेच्या बाहेरील बाजूस डबर, वाळूचा चाळ अगर कंकर याचे आवरण ठेवलेले असते. त्यामुळे जल-प्रस्तरातील वाळूचे बारीक कण व माती पाण्याबरोबर जलछिद्रांतून पाझरबोळात अगर पाझर-नलिकेत येऊ शकत नाही. पाझरबोळ जमिनीच्या पृष्ठभागाखाली ६ ते १० मीटर खोलीपर्यंतच बांधतात.

पाझर नलिका



आकृती १४

३-६. झरे :

भू-पृष्ठाखालील जल-प्रस्तर जेव्हा उघडा पडतो त्या वेळी त्यातील पाणी झऱ्याच्या रूपाने बाहेर पडते. सर्वसाधारणपणे डोंगर किंवा टेकडीच्या उतारावर झरे आढळून येतात. झरे दोन प्रकारचे असू शकतात. एक प्रकार म्हणजे 'भूतलस्थ झरा'. व दुसरा प्रकार म्हणजे 'भूगर्भस्थ झरा'.

<u>भूतलस्त झरा</u>

आकृती १५

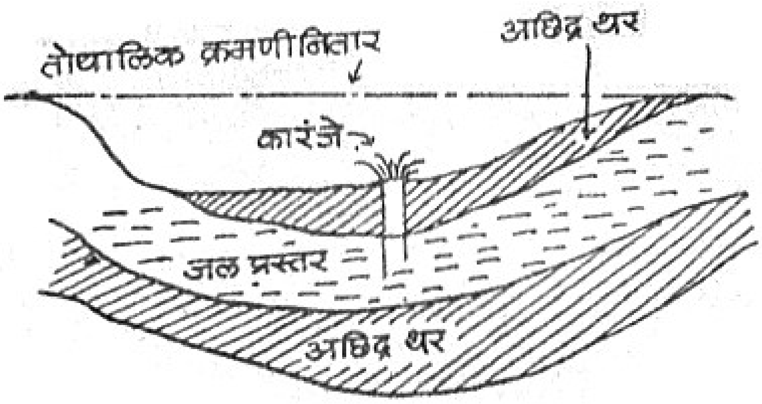
भूतलस्थ झरा हा जमिनीच्या तोंडावर, आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे असतो. भूगर्भस्थ झरा हा जमिनीच्या खालचा झरा होय. असा झरा दोन अछिद्र थरांमधील जलप्रस्तर उघडा झाला की तयार होतो. उदा.— जमिनीत विहीर खणताना असे झरे लागतात. याच झऱ्यांमुळे विहिरीत पाणी येते.

भूतलस्थ झऱ्याला येणारे पाणी हे भूमिजल पातळीवर अवलंबून असते. पावसाळ्यात पावसाचे पाणी जमिनीत सतत मुरत राहिल्याने भूमिजलपातळी वाढत राहते व त्यामुळे भूतलस्थ झऱ्यांतून सतत पाणी बाहेर पडत असते. परंतु पावसाळ्यानंतर भूमिजल पातळी जेव्हा खाली खाली जाते त्या वेळी भूतलस्थ झऱ्यातून वाहणारेपाणी कमी-कमी होत जाऊन उन्हाळ्यात तर पाणी येण्याचे बंदच होते, व आपण 'झरा आटला' असे म्हणतो. भूगर्भस्थ झऱ्यांच्या बाबतीतही असाच प्रकार घडत असतो. ज्या वेळेस झऱ्यांतून येणारे पाणी अजिबात बंद होते त्या वेळी विहीर कोरडी पडते व आपण 'विहीर आटली' असे म्हणतो.

'आर्टेशिअन झरा' अगर 'कारंजी विहीर' हाही भूगर्भस्थ झऱ्याचा प्रकार आहे. आकृती १६ पाहा. अशा प्रकारात जल-प्रस्तरातील पाणी दोन अछिद्रथरांमध्ये दाबाखाली असते. त्यामुळे भूपृष्ठ-भागापासून जलप्रस्तरापर्यंत छिद्र खणताच पाणी उसळून वर येते व ते एखाद्या कारंज्याप्रमाणे पडत राहते. अशा विहिरी फ्रान्स देशात आर्टाइस नावाच्या खेड्यात प्रथम पाडल्या, व त्यावरून त्यास 'आर्टिझन' किंवा 'आर्टिशियन' विहिरी असे नाव पडले.

अनुक्रमणिका

कारंजी विहीर



आकृती १६

भूतलस्थ झऱ्यातील पाण्यापेक्षा भूगर्भस्थ झऱ्यातील पाण्याचे गुणधर्म जास्त चांगले असतात. याचे कारण पावसाचे पाणी जमिनीत मुरताना जमीन गाळणीचे कार्य करते व त्यामुळे पाण्यातील अशुद्धे दूर केली जाऊन स्वच्छ पाणी जमिनीखालील खोलवरच्या जल-प्रस्तरात साठते व हेच पाणी भूगर्भस्थ झऱ्यातून बाहेर पडते.

अनुक्रमणिका

प्रकरण चवथे

पाण्याची मागणी व परिमाण

४-१. पाण्याची गरज :

कोणत्याही शहरास पाणी-पुरवठा करताना पाण्याची गरज व त्यानुसार एकंदर मागणी या गोष्टीचा विचार करावा लागतो. पाण्याची एकंदर मागणी ही शहरातील लोकसंख्या, कारखाने, उद्योगधंदे इत्यादी गोष्टींवर अवलंबून राहते. सर्वसाधारणपणे पाण्याची मागणी ही खालील कारणांसाठी असते :

(अ) घरगुती वापरासाठी : ह्यामध्ये पिण्यासाठी, स्नानासाठी, स्वयंपाकासाठी, कपडे धुण्यासाठी, संडास व मुताऱ्यांसाठी, भांडी घासण्यासाठी, जनावरांसाठी, बागांसाठी इत्यादी गोष्टींचा समावेश होतो. घरगुती वापरासाठी दर-डोई दरदिवशी साधारणतः सरासरी १३५ ते २२५ लिटर पाणी लागते.

(ब) उद्योगधंद्यांसाठी : ह्यामध्ये कारखान्यांसाठी लागणारे पाणी, हॉटेल्स, भुवने, दुग्धशाळा, कचेऱ्या, व्यापारी केन्द्रे, इत्यादींसाठी लागणाऱ्या पाण्याचा समावेश होतो. लोकसंख्येच्या आधारे सर्वसाधारणपणे दर-डोई दरदिवशी सरासरी ४५ ते २२५ लिटर इतके पाणी उद्योगधंद्यांसाठी लागेल, असा प्राथमिक अंदाज करण्यास हरकत नाही.

(क) सार्वजनिक वापरासाठी : ह्यामध्ये सांडपाणी व मैला वाहून नेणारे भूमिगत नळ साफ करण्यासाठी लागणारे पाणी, रस्त्यांवर शिंपडावे लागणारे पाणी, उद्यानांसाठी, पोहोण्याच्या तलावांसाठी, कारंज्यांसाठी, व सर्वात महत्त्वाचे अशा अग्निशमनासाठी लागणाऱ्या पाण्याचा समावेश होतो. सार्वजनिक वापरासाठी साधारणतः दर-डोई दरदिवशी सरासरी २० ते ७५ लिटर इतके पाणी लागेल असे समजावे.

(ड) वाया जाणारे पाणी : पाण्याच्या नळांचे जोड बरोबर नसल्यास, नळांना तडे गेले असल्यास किंवा ते फुटले असल्यास, घरांतील नळांचे जोड ठीक नसल्यास, तसेच संडास, मुताऱ्या, इत्यादींसाठी बसविलेल्या टाक्यांतील झडपा गळत असल्यास, घरांतील पाण्याच्या तोट्या गळक्या असल्यास बरेचसे पाणी वाया जाते. चोवीस तास पाणीपुरवठा नसल्यामुळे ज्या वेळी पाणीपुरवठा बंद असतो त्या वेळी घरातील पाण्याच्या तोट्या उघड्याच ठेवल्या जातात व पुन्हा पाणी सुरू झाल्यावर पाणी येण्यापूर्वी तोट्या संपूर्णतः बंद करून ठेवण्याची काळजी न घेतल्याने बरेच पाणी वाया जाते. दर-डोई दरदिवशी सरासरी ६० ते २०० लिटर इतके पाणी वाया जाते असा अंदाज आहे.

वरील चारही गोष्टींसाठी पाण्याच्या मागणीचे प्रमाण खालीलप्रमाणे मानता येईल :

घरगुती वापरासाठी	...	३५ टक्के
उद्योगधंद्यासाठी	...	३५ टक्के
सार्वजनिक वापरासाठी	...	१० टक्के
वाया जाणारे पाणी व }	...	२० टक्के

नासधूस होणारे पाणी

एकूण	...	१०० टक्के

पाण्याची एकंदर मागणी ही खालील गोष्टींवर अवलंबून असते :

(१) शहराचे आकारमान,
(२) लोकांची राहणीमान पद्धत,
(३) पाण्याचा पुरवठ्याचा व वाटपाचा दाब,
(४) पाण्याची स्वच्छता, शुद्धता व पुरवठ्याची किंमत,
(५) औद्योगिक कारखाने व उद्योगधंद्यासाठी लागणारे परिमाण,
(६) सार्वजनिक उपयोसाठी लागणारे परिमाण,
(७) वाया जाणारे पाणी व नासधूस होणारे पाणी,
(८) अग्निशमनासाठी लागणारे परिमाण,
(९) मीटर पद्धतीनुसार करण्यात येणाऱ्या पाणी-वाटपाचे शेकडा प्रमाण,
(१०) मैला पाण्याने धुवून काढण्याच्या पद्धतीची सोय.

भारतात निरनिराळ्या गोष्टींसाठी सामान्यतः खालील प्रमाणात पाणी लागते :

घरगुती वापरासाठी :

		दर-डोई दरदिवशी लिटर
पिण्यासाठी	...	३
स्वयंपाकासाठी	...	५
संडासातील वापरासाठी	...	२०
भांडी घासणे व घरसफाईसाठी	...	१५
कपडे धुण्यासाठी	...	१५
संडास, मुतारी इ. सफाईसाठी	...	३०
साध्या स्नानासाठी (आंघोळीसाठी)	...	१३५ ते १८०
द्रोणीतील (टब) आंघोळीसाठी	...	३० ते ३५
कारंज्याखालील (शॉवर) आंघोळीसाठी	...	१५ ते ३०

गुरे व जनावरे यांच्या वापरासाठी :

		लिटर प्रत्येकी
घोडा	...	७०

अनुक्रमणिका

खेचर व गाढव	...	३०
गाय अगर म्हैस	...	३५
शेळी, मेंढी, डुक्कर	...	५

नगरपालिकेच्या वापरासाठी :

		दर-डोई दरदिवशी लिटर
रस्त्यांवर शिंपडण्यासाठी (१० चौरस मीटरला ५ लिटर, याप्रमाणे)	...	७
सांडपाणी व मैला वाहून नेणाऱ्या नळ-सफाईसाठी	...	३
अग्निशमनासाठी	...	१

उद्यानांसाठी दर चौरस मीटरला २ लिटर याप्रमाणे.

कोणत्याही ठिकाणची एकंदर लोकवस्ती विचारात घेतली तर सर्वसाधारणपणे खालीलप्रमाणे पाणी लागते :

(१) १००० ते ५००० पर्यंत लोकवस्तीच्या ठिकाणांना, भुयारी गटार योजना नसल्यास, दरडोई दरदिवशी ७० लिटर.

(२) ५००० ते २०,००० पर्यंत लोकवस्तीच्या ठिकाणांना, भुयारी गटार योजना नसल्यास, दरडोई दरदिवशी ९० लिटर.

(३) २०,००० ते ५०,००० पर्यंत लोकवस्तीच्या ठिकाणांना, भुयारी गटार योजना असेल तर, दरडोई दरदिवशी १४० लिटर.

(४) ५०,००० ते २,००,००० पर्यंत लोकवस्तीच्या ठिकाणांना दरडोई दरदिवशी १८० लिटर.

(५) २,००,००० च्या वरील लोकवस्तीच्या ठिकाणांसाठी दरडोई दरदिवशी २१० लिटर. यामध्ये उद्योगधंद्यांसाठी लागणाऱ्या पाण्याचा समावेश केलेला आहे.

ग्रामीण भागांच्या बाबतीत ज्या विहिरी किंवा नलकूप यांमधून पाणीपुरवठा होतो त्यामधील पाण्याची उपलब्धता दरडोई दरदिवशी कमीत कमी २५ लिटर तरी असावयास हवी. तसेच अशा विहिरीचे राहण्याच्या जागेपासूनचे अंतर जास्तीत जास्त ४०० मीटरपर्यंतच असावे. त्याचप्रमाणे साधारणपणे ५०० लोकांसाठी कमीत कमी एक विहीर घरांपासून जास्तीत जास्त १२०० मीटर अंतरापर्यंत असावी.

४-२. अग्निशमनासाठी लागणारे पाणी :

ज्या ठिकाणांची लोकवस्ती १०,००० पेक्षा जास्त आहे अशा ठिकाणी अग्निशमनाची सोय असावयास हवी; व ज्या वेळी लोकसंख्या ५०,००० पेक्षा जास्त असेल अशा वेळी अग्निशमनासाठी अद्ययावत यंत्रसामुग्री व भरपूर पाणीपुरवठा पाहिजेच. भारतात अग्निशमनासाठी दरडोई दरदिवशी एक लिटर या प्रमाणात पाण्याचा अंदाज धरतात; परंतु अमेरिकेसारख्या प्रगत देशांत अग्निशमनासाठी एकूण किती पाणी लागेल त्याचा अंदाज सूत्रे वापरून करतात. काही सूत्रे खाली दिल्याप्रमाणे आहेत व त्यांचा उपयोग अमेरिकेसारख्या देशांत करतात:

कुइचलिंगचे सूत्र : $प = १५५\sqrt{ल}$

फ्रीमनचे सूत्र : $प = ५५ \left(\frac{ल}{५} + १० \right)$

नॅशनल बोर्ड ऑफ फायर अंडररायटर्सचे (अमेरिका) सूत्र : $प = २२५\sqrt{ल} \left(१ - \frac{\sqrt{ल}}{१००} \right)$

वरील सूत्रांत 'प' म्हणजे पाणी दर मिनिटास लिटरमध्ये, आणि 'ल' म्हणजे लोकसंख्या, हजारांत.

४-३. लोकसंख्या : सांप्रत व भावी :

प्रत्येक माणसाला दररोज किती पाणी लागेल याचा सर्वसाधारणपणे कसा अंदाज करावयाचा हे आपण पाहिले. आता एखाद्या शहरासाठी पाणीपुरवठा योजना करावयाची झाल्यास सध्या पाणी किती लागेल व भावी काळात पाणी किती लागेल हे ठरवावे लागते. सध्या पाणी किती लागेल ते नुकत्याच झालेल्या शिरगणती किंवा खानेसुमारीतील सांप्रतच्या लोकसंख्येच्या आकड्यांवरून काढता येईल. परंतु भावी काळात पाणी किती लागेल ते काढण्यासाठी भावी लोकसंख्येचा अंदाज करावा लागेल. सर्वसाधारणपणे भावी काळ २५ ते ५० वर्षे इतका घेतात. पैकी ५ वर्षांचा काळ पाणीपुरवठा योजनेचा आराखडा मंजूर झाल्यापासून योजना प्रत्यक्ष अंमलात येईपर्यंत (कार्यान्वित होईपर्यंत) लागेल असे गृहीत धरतात. भावी काळाच्या शेवटी पाण्याची एकंदर मागणी किती राहील हे कळण्यासाठी 'भावी लोकसंख्ये'चा अंदाज करावा लागतो व त्यासाठी खालील पद्धती प्रचलित आहेत :

पद्धत १ ली : अंकगणितानुसार वाढ (Arithmetical method) :

या पद्धतीत लोकसंख्येतील वाढ स्थिर धरली जाते. गेल्या तीन किंवा चार दशकांतील लोकसंख्येच्या वाढीची सरासरी घेऊन ती वाढ सांप्रतच्या लोकसंख्येतमिळवितात; म्हणजेच—

$ल_{भावी} = ल_{सांप्रत} + (व \times प्र)$ हे सूत्र वापरता येईल.

अनुक्रमणिका

यांत‘ल’ म्हणजे लोकसंख्या, ‘व’ म्हणजे जितक्या दशकांनंतरची भावी लोकसंख्या हवी असेल तितकी दशके, आणि ‘प्र’ म्हणजे लोकसंख्येच्या वाढीचे प्रमाण. या पद्धतीनुसार केलेला भावी लोकसंख्येचा अंदाज कमी ठरतो. लोकसंख्या विरुद्ध दशक वर्ष याचा आलेख जर सरळ रेष येत असेल तरच वरील पद्धतीनुसारचा अंदाज बरोबर येतो.

पद्धत २ री : भूमितीनुसार वाढ (Geometrical method) :

या पद्धतीत दशकापासून दशकापर्यंतची लोकसंख्येतील वाढीची टक्केवारी स्थिर धरली जाते. लोकसंख्या विरुद्ध दशकवर्ष याचा आलेख जर वक्ररेषा असेल तर ही पद्धत वापरतात. मात्र या पद्धतीनुसार केलेला भावी लोकसंख्येचा अंदाज जास्त ठरतो. कारण जेव्हा शहराचा विकास स्थिरावतो तेव्हा लोकसंख्येच्या वाढीची टक्केवारी कमी कमी होत जाते.

$$\text{ल}_{\text{भावी}} = \text{ल}_{\text{सांप्रत}} \times \left(१ + \frac{\text{प्र}\%}{१००} \right)^{\text{व}}$$

या सूत्रात प्र% म्हणजे लोकसंख्येची वाढीची टक्केवारी.

पद्धत ३ री : वृद्धिंगत वाढ (Incremental increase method) :

या पद्धतीत अंकगणितानुसार वाढ व भूमितीनुसार वाढ अशा दोन्ही पद्धतींचा मिलाफ करण्यात आला असून त्यामुळे फायदा मिळतो. शहराच्या मागील दशकांतील लोकसंख्येचे जितके आकडे उपलब्ध असतील तितके घेतात. नंतर दर दोन दशकांतील लोकसंख्येची वाढ काढतात. आणि त्यावरून दर दोन दशकांतील वाढीतील फरक काढतात. यावरून वाढींची सरासरी आणि वाढींतील फरकांची सरासरी असे दोन निरनिराळे सरासरींचे आकडे उपलब्ध होतात. त्यावरून भावी काळातील कोणत्याही दशकाअखेरची लोकसंख्या काढता येते ती अशी—

$$\text{ल}_{\text{भावी}} = \text{ल}_{\text{सांप्रत}} + \text{द वा} + \frac{\text{द}\,(\text{द} + १)}{२} \times \text{वृ}$$

यांत ‘द’ म्हणजे दशकांची संख्या, ‘वा’ म्हणजे दशकांमधील सरासरी वाढ, आणि ‘वृ’ म्हणजे वृद्धिंगत वाढीची सरासरी (वाढीतील फरकांची सरासरी).

पद्धत ४ थी : तुलनात्मक वाढ :

निरनिराळ्या पण सारख्या असलेल्या (शिक्षण, औद्योगिक वगैरे) शहरांच्या मागील दशकांतील लोकसंख्येचे आकडे जमा करतात. आता जर नवीन शहराची लोकसंख्या (भावी) काढावयाची असेल तर त्या शहराची एकंदर वाढ, रचना, स्थिती इत्यादी गोष्टींबाबत माहीत असलेल्या कोणत्या शहराशी साम्यता

अनुक्रमणिका

आहे ते पाहतात व अशा शहराची मागील दशकांतील माहीत असलेल्या लोकसंख्येच्या आकड्यांवरून तुलनात्मक दृष्टिकोणातून नवीन शहराची भावी लोकसंख्या ठरवितात.

पद्धत ५ वी : आलेख :

दर दशकाला शिरगणती केली जाते व लोकसंख्येचे आकडे प्रसिद्ध केले जातात. त्यावरून दशकाचे वर्ष व त्या वर्षीची लोकसंख्या यांचा आलेख काढतात. 'क्ष' अक्षावर दशकांची वर्षे व 'य' अक्षावर संबंधित लोकसंख्येचे आकडे स्थापतात व त्यावरून आलेख काढतात. हा आलेख शक्य तो ताणलेल्या इंग्रजी 'S' या अक्षराच्या आकाराप्रमाणे असावा. अशा आलेखावरून भावी काळातील दशकांतील म्हणजेच माहीत असलेल्या शेवटच्या दशकापुढील दोन किंवा तीन दशकांनंतरची भावी लोकसंख्या काढता येते. त्यासाठी आलेख पुढील दोन किंवा तीन दशकांपर्यंत योग्य तऱ्हेने वाढवावा लागतो. आकृती १७ पाहा.

उदाहरण :खालील उपलब्ध माहितीवरून निरनिराळ्या पद्धतींनी 'भावी लोकसंख्या' काढा :

शिरगणती वर्ष	:	१८६०	१८७०	१८८०	१८९०	१९००
लोकसंख्या	:	१९४०	६०३०	१०२१५	१८१२५	२५८५०
शिरगणती वर्ष	:	१९१०	१९२०	१९३०	१९४०	
लोकसंख्या	:	३३११०	४५६००	५५९१०	६२७७२	

भावी लोकसंख्या साल १९८० मधील काढावयाची आहे असे मानू. म्हणजेच भावी काळ साल १९४० पासून साल १९८० पर्यंत ४० वर्षांचा धरला आहे.

उत्तर :

पद्धत १ ली :अंकगणितानुसार वाढ :

सूत्र : $$ल_{भावी} = ल_{सांप्रत} + (व \times प्र)$$

$ल_{सांप्रत}$ ची म्हणजे शेवटचे दिलेले साल १९४० मधील लोकसंख्या ६२७७२ आहे. भावी लोकसंख्या साल १९८० मधील म्हणजे साल १९४० पासून पुढच्या ४ दशकांनंतरची हवी आहे. म्हणून 'व'ची किंमत ४ राहील. साल १९३० पासून साल १९४० पर्यंत लोकसंख्येतील वाढ ६२७७२ वजा ५५९१० म्हणजेच ६८६२ इतकी आहे, आणि ती प्र ची किंमत आहे. म्हणून—

$$ल_{भावी} = ६२७७२ + (४ \times ६८६२) = ९०२२०.$$

पद्धत २ री :भूमितीनुसार वाढ :

$$\text{सूत्र} : ल_{भावी} = ल_{सांप्रत} \times \left(१ + \frac{प्र'}{१००}\right)^{व}$$

प्रथम प्र' ची किंमत पाहू. त्यासाठी दिलेल्या शेवटच्या दोन दशकांतील लोकसंख्येचे आकडे घेऊ.

साल १९३० मधील लोकसंख्या ५५९१० आणि साल १९४० मधील लोकसंख्या ६२७७२, म्हणून दशकातील वाढ ६२७७२ – ५५९१० = ६८६२;

$$\text{म्हणून वाढीची टक्केवारी} \quad \frac{६८६२ \times १००}{५५९१०} = १२ = प्र'$$

$$\text{साल १९८० मधील लोकसंख्या} = ६२७७२ \times \left(१ + \frac{१२}{१००}\right)^{४}$$

$$= \mathbf{९८७७४.}$$

किंवा, साल १९४० नंतरच्या प्रत्येक दशकातील लोकसंख्या खालीलप्रमाणे काढता येईल—

साल	१९५०	:	६२७७२	+	६२७७२	×	०·१२	=	७०३०५
साल	१९६०	:	७०३०५	+	७०३०५	×	०·१२	=	७८७४२
साल	१९७०	:	७८७४२	+	७८७४२	×	०·१२	=	८८१९१
साल	१९८०	:	८८१९१	+	८८१९१	×	०·१२	=	**९८७७४**

पद्धत १ ली व पद्धत २ री वरून काढलेल्या भावी लोकसंख्येच्या आकड्यांवरून असे दिसून येईल की अंकगणितानुसार आलेल्या आकड्याची किंमत कमी आहे व भूमितीनुसार आलेल्या आकड्याची किंमत जास्त आहे; आणि हे विधान वृद्धिंगत वाढ पद्धत व आलेख पद्धतीवरून मिळालेल्या भावी लोकसंख्येच्या आकड्यावरून स्पष्ट होईल.

पद्धत ३ री : वृद्धिंगत वाढ.

प्रथम खालीलप्रमाणे तक्ता भरावा :

अनुक्रमणिका

दशक	दशकातील वाढ	दशकातील वाढीतील फरक
१८६०		
१८७०	४०९०	+ ९५
१८८०	४१८५	+ ३७२५
१८९०	७९१०	− १८५
१९००	७७२५	−४६५
१९१०	७२६०	+ ५२३०
१९२०	१२४९०	− २१८०
१९३०	१०३१०	− ३४४८
१९४०	६८६२	
एकूण	६०८३२	एकूण + २७७२

$$\therefore \text{सरासरी} : \frac{६०८३२}{८} = ७६०४ \qquad \therefore \text{सरासरी} : \frac{२७७२}{७} = ३९६$$

त्यानंतर वृद्धिंगत वाढीचे सूत्र वापरावे.

$$ल_{\text{भावी}} = ल_{\text{सांप्रत}} + द\ वा + \frac{द\,(द + १)}{२} \times वृ$$

यात $ल_{\text{सांप्रत}}$ ची किंमत म्हणजे शेवटच्या दशकातील, १९४० सालातील

लोकसंख्या ६२७७२, ‘द’ची किंमत १९४० पासून १९८० पर्यंत म्हणजे ४ दशके, ‘वा’ची किंमत म्हणजे दशकांमधील सरासरी वाढ ७६०४, आणि ‘वृ’ची किंमत म्हणजे दशकांतील वाढीतील फरकांची सरासरी ३९६.

$$\therefore ल_{\text{भावी}} = ६२७७२ + (४ \times ७६०४) + \left[\frac{४\,(४ + १)}{२} \times ३९६ \right]$$

$$= ९७१४८.$$

वरीलप्रमाणेच साल १९४० नंतरच्या प्रत्येक दशकाच्या शेवटीची भावी लोकसंख्या काढता येते. उदाहरणार्थ—

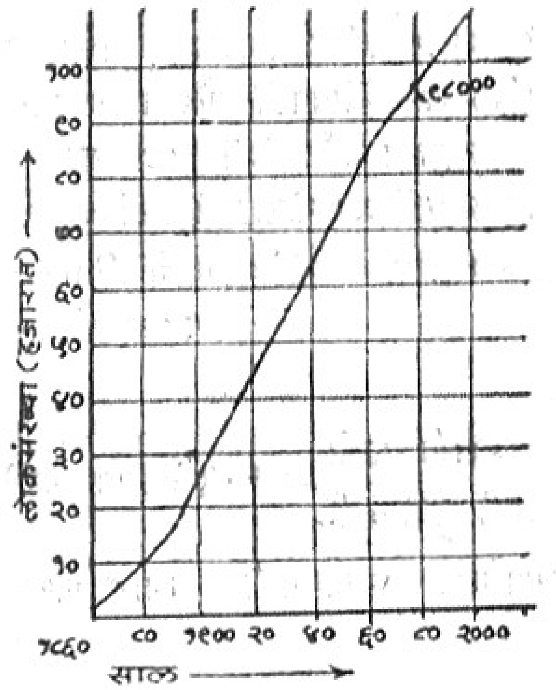
अनुक्रमणिका

साल	१९५०	:	६२७७२	+	७६०४	+	(१ × ३९६)	=	७०७७२
साल	१९६०	:	७०७७२	+	७६०४	+	(२ × ३९६)	=	७९१६८
साल	१९७०	:	७९१६८	+	७६०४	+	(३ × ३९६)	=	८७९६०
साल	१९८०	:	८७९६०	+	७६०४	+	(४ × ३९६)	=	९७१४८

पद्धत ५ वी : आलेख (आकृती १७ पाहा)

आलेख पद्धतीवरून असे दिसून येईल की, साल १९८० मधील भावी लोकसंख्या अंदाजे ९८,००० होईल.

<u>लोकसंख्या आलेख</u>



आकृती १७

४·४. पाणीपुरवठा योजनेतील पाण्याचे परिमाण :

कोणत्याही शहरात पाण्याची मागणी सर्वकाळ स्थिर नसते. साधारणपणे उन्हाळी मोसमात मागणी जास्त असते. आणि त्यातही जास्त उकाडा होणाऱ्या महिन्यातील जास्तीत जास्त तपमान असणाऱ्या दिवशी पाण्याची मागणी सर्वात जास्त असते; आणि अशाच एखाद्या दिवशी आगीचा उद्भव झाल्यास ती विझविण्याकरता पाणी आवश्यक असते. तेव्हा अशा सर्व गोष्टी जमेस धरून पाणीपुरवठा योजनेतील पाण्याचे परिमाण ठरवितात, व हे परिमाण दररोज लागणाऱ्या पाण्याच्या सरासरी परिमाणाच्या **तिप्पट** धरण्याचा प्रघात आहे. आणि यातच अग्निशमनासाठी लागणाऱ्या पाण्याच्या परिमाणाचा समावेश करण्याची पद्धत भारतात रूढ आहे.

अनुक्रमणिका

तेव्हा दर मिनिटास लागणारे जास्तीत जास्त पाणी, लिटरमध्ये

$$= \frac{\text{३} \times \text{दररोज लागणाऱ्या पाण्याची सरासरी, लिटर}}{\text{२४} \times \text{६०}}$$

= प

एकूण दररोज लागणारे पाणी, लिटर, = भावी लोकसंख्या × दरडोई दर दिवशीचे पाणी, लिटर.

पाणीपुरवठा म्हटल्यानंतर दोन गोष्टी येतात :

(१) शुद्धीकरणासाठी लागणाऱ्या पाण्याचे परिमाण;

(२) शुद्ध पाण्याचे वाटप करण्यासाठी लागणाऱ्या पाण्याचे परिमाण.

शुद्धीकरणासाठी लागणारे पाणी उपादानातून घेतल्यावर ते पंपगृहाद्वारे जलशुद्धीकरण केन्द्राकडे पाठविले जाते. पंपगृहातील पंपाचे काम साधारणतः दोन पाळ्यांत म्हणजे १६ तास केले जाते. याचाच अर्थ रोजी २४ तासांत लागणारे एकूण पाणी १६ तासांत उपसून घेऊन जलशुद्धीकरण केन्द्राकडे पाठविले जाते. यावरून—

शुद्धीकरणासाठी लागणाऱ्या दर-डोई पाण्याचे परिमाण =

$$\frac{\text{२४}}{\text{१६}} \times \text{दरडोई लागणारे सरासरी पाणी.}$$

$$\frac{\text{कमाल रोजी पाणी}}{\text{सरासरी रोजी पाणी}} = \text{१·५ हे प्रमाण पडते.}$$

तसेच, शुद्ध पाण्याचे वाटप करण्यासाठी लागणाऱ्या पाण्याचे परिमाण खालीलप्रमाणे घेतात :

$$\frac{\text{कमाल ताशी पाणी}}{\text{सरासरी ताशी पाणी}} = \text{२ ते ३ हे प्रमाण.}$$

(कमी लोकसंख्या असलेल्या गावांना ३ हे प्रमाण धरावे, व जास्त लोकसंख्या असलेल्या गावांना २ ते २·५ हे प्रमाण धरावे).

अनुक्रमणिका

प्रकरण पाचवे

पाण्याचे गुणधर्म आणि पृथक्करण

५-१. हितकारक पाणी (Wholesome water) :

रासायनिक दृष्ट्या शुद्ध (निर्भेळ) पाणी हे दोन भाग हैड्रोजन व एक भाग ऑक्सिजन (घनफळाने), किंवा एक भाग हैड्रोजन आणि आठ भाग ऑक्सिजन (वजनाने) यांच्या संयोगाने बनलेले आहे. पिण्याच्या योग्यतेच्या दृष्टीने पाण्याच्या रासायनिक शुद्धतेबरोबरच सूक्ष्म जीवजंतुविरहित अशी शुद्धता जास्त महत्त्वाची आहे.

स्वयंपाकासाठी आणि पिण्यासाठी वापरावयाच्या शुद्ध पाण्याबाबत निरनिराळ्या शास्त्रज्ञांनी आपली मते प्रकट केली आहेत. सर्वसाधारणपणे शुद्ध पाण्याच्या बाबतीत खालील गोष्टी पाहणे इष्ट ठरते.—

(१) ज्यापासून रोग उद्भवतील असे कोणत्याही तऱ्हेचे जीवजंतू पाण्यात असता कामा नयेत.
(२) पाणी स्फटिकाप्रमाणे स्वच्छ व रंगविरहित असावे.
(३) चवीस चांगले, वासविरहित व शक्य तो थंड असे पाणी असावे.
(४) पाणी शक्य तितके मृदू असावे.
(५) वस्तूंवर पापुद्रे तयार होणे आणि गंज चढणे या क्रिया होणार नाहीत असे पाणी असावे.
(६) हैड्रोजन सल्फाइड सारखे घातुक वायू आणि लोह व मँगॅनीज यांसारखी घातक खनिजे पाण्यात असू नयेत.
(७) फाजील चुना आणि मॅग्नेशियम क्षार असू नयेत.
(८) आलंबित व कलिल पदार्थ असू नयेत.
(९) पाण्यात प्राणवायू भरपूर प्रमाणात विरघळलेला असावा.
(१०) सेंद्रिय पदार्थ आणि नायट्राइट्स असू नयेत.

वर दिल्याप्रमाणे पाण्यात अशुद्ध व घातक पदार्थ आहेत किंवा नाहीत हे पाहण्यासाठी पाण्याचे पृथक्करण करणे इष्ट आहे. असे पृथक्करण भौतिक (पदार्थविज्ञान) दृष्टीने, रासायनिक दृष्टीने, आणि जीवशास्त्र दृष्टीने करावे लागते.

५-२. पाण्याचे पृथक्करण :

नैसर्गिकरीत्या उपलब्ध असणाऱ्या पाण्यात निरनिराळ्या प्रकारची खनिजे, क्षार, सेंद्रिये, शेवाळी, वनस्पती, जीवजंतू इत्यादी अनेक तऱ्हेची अशुद्धे असतात.अशा अशुद्धांचे वर्गीकरण (अ) रासायनिक पदार्थ (सेंद्रिय, निरिंद्रिय), (ब) प्राणी व वनस्पतिजन्य पदार्थ, (क) सूक्ष्म जीवजंतू व जीवाणू, आणि (ड) किरणोत्सारी पदार्थ. पाणी शुद्ध करण्याच्या क्रियांच्या दृष्टीने वरील अशुद्धांची वर्गवारी अशीही करता येईल :

अनुक्रमणिका

(१) विरघळलेले (विद्रुत) वायू, (२) विरघळलेले (विद्रुत) क्षार, (३) आलंबित पदार्थ— निवळू शकणारे, (४) आलंबित पदार्थ— न निवळू शकणारे किंवा कलिल पदार्थ, (५) सेंद्रिय पदार्थ— कार्बनी किंवा कर्बयुक्त, (६) सेंद्रिय पदार्थ— नत्रयुक्त, (७) सजीव वर्गातील प्राणी, (८) सूक्ष्म जीवजंतू व जीवाणू, (९) किरणोत्सारी पदार्थ.

वरील सर्व अशुद्धांमुळे पाण्याला रंग, वास, चव, गढूळता इत्यादी गोष्टी निर्माण होऊन विषारी पदार्थांमुळे अशा तऱ्हेचे पाणी पिण्यात आल्यास प्राणिमात्रांच्या जीवितास फार मोठा धोका उद्भवतो. पाण्यामध्ये सांडपाणी व मैलापाणी मिसळले गेले आहे किंवा नाही ते पाण्याच्या पृथक्करणावरून समजून येते.

साधारणपणे पाण्यात खालील तीन प्रकारांत अशुद्धे आढळतात :

(१) आलंबित अशुद्धे, (२) विद्रुत अशुद्धे, आणि (३) कलिल अशुद्धे.

आलंबित अशुद्धे सूक्ष्म कणांच्या स्वरूपात असतात. जी अशुद्धे पाण्यापेक्षा हलकी असतात ती पाण्यावर तरंगतात. ज्यांचे विशिष्टगुरुत्व पाण्याइतके असते ती पाण्यात मिसळलेली असतात. ओबड-धोबड आणि जड असलेले कण वाहत्या पाण्यातही निवळून खाली बसतात. माती, खनिज पदार्थ, अलगी, सूक्ष्म जंतू, सेंद्रिय पदार्थ इत्यादी गोष्टी आलंबित अशुद्धांत असतात.

विद्रुत किंवा विरघळलेली अशुद्धे ही पाण्याच्या प्रक्रियेमुळे निर्माण होतात. जेव्हा पाऊस पडतो त्या वेळी हवेतील कार्बन-डायॉक्साइड व पावसाचे पाणी यांचा संयोग होऊन कॅरबॉनिक आम्ल तयार होते. तसेच जमिनीवरील वनस्पतींच्या व पाण्याच्या संयोगानेही आम्ल तयार होते. अशी आम्ले जमिनीतील क्षारांवर प्रक्रिया करतात व त्यामुळे पाण्यात विद्रुत अशुद्धे तयार होऊन पाण्यास कठिणता किंवा अफेनदता निर्माण होते. असे पाणी साबणाच्या संयोगाबरोबर फेस निर्माण करू शकत नाही. विद्रुत अशुद्धांत खालील गोष्टींचा समावेश होतो :

(अ) कॅलशियम, मॅग्नेशियम, सोडियम आणि पोटॅशियम या क्षारांपासून बनलेली बाय-कार्बोनेटस्, सल्फेटस्, कार्बोनेटस्, क्लोराइडस् आणि नायट्रेटस्.

(ब) आयर्नची (लोहाची) बायकार्बोनेट, सल्फेट आणि हायड्रॉक्साइड.

(क) मॅग्नेशियाची मिश्रणे.

(ड) हायड्रोजन सल्फाइड आणि कार्बन-डायॉक्साइड.

(इ) रंग प्राप्त करणारे पदार्थ, सेंद्रिय आम्ले, इत्यादी.

कलिल अशुद्धे हीअतिशय सूक्ष्म स्वरूपात असतात, त्यामुळे ती साध्या डोळ्यांना दिसू शकत नाहीत. अशा अशुद्धांबरोबर सेंद्रिय पदार्थातील अतिसूक्ष्म जंतू हमेशा आढळून येतात, आणि त्यांची

उपस्थिती पाण्याच्या मैला-पाण्याबरोबर झालेले मिश्रण निदर्शनास आणते. रोगांचे प्रादुर्भाव होण्यास अशी अशुद्धे कारणीभूत ठरतात.

वर दिल्याप्रमाणे अशुद्ध पाण्यातील अशुद्धे माहीत होण्यासाठी अगर शोधून काढण्याच्या दृष्टीने पाण्याचे पृथक्करण करण्याची जरुरी भासते व त्यासाठी पदार्थविज्ञान, रासायनिक आणि जीवशास्त्रविषयक अशा तीन प्रकारच्या चाचण्या घ्याव्या लागतात. अशा चाचण्यांमुळे हाती आलेल्या माहितीवरून अशुद्ध पाणी शुद्ध करून ते पिण्यायोग्य करण्यासाठी कोणकोणते उपाय योजावे लागतील ते ठरविता येते.

५-३. चाचण्यांसाठी पाण्याचे नमुने :

चाचण्यांसाठी पाण्याचे नमुने गोळा करताना खालील मुद्दे विचारात घ्यावे लागतात :

(अ) प्रयोगशाळेत कोणत्या प्रकारच्या चाचण्या करावयाच्या त्यांची लक्षणे; (ब) पृथक्करणापासून मिळणाऱ्या माहितीचा उपयोग कोणत्या कारणांसाठी करावयाचा त्याचा तपशील; (क) गोळा केलेल्या नमुन्याची लक्षणे आणि नमुने गोळा करताना लागलेल्या वेळात लक्षणात झालेला फेरबदल; (ड) नमुने गोळा करताना लागलेल्या वेळात पाण्याच्या प्रवाहाच्या वेगात पडलेला फरक.

पाण्याचे नमुने गोळा करताना माणसाची जागरूकता आणि स्वच्छता या दोन गोष्टी फार महत्त्वाच्या आहेत. जागरूकतेमुळे मूलभूत माहिती मिळण्यास मदत होते, तर स्वच्छतेमुळे नमुन्याचे पाणी दूषित होत नाही. नमुन्यांसाठी ज्या बाटल्या वापरावयाच्या त्या अतिशय स्वच्छ असाव्या लागतात. अशा बाटल्या स्वच्छ व पारदर्शक काचेच्या, रुंद तोंडाच्या आणि चांगल्या काचेच्या बुचाच्या असावयास पाहिजेत. प्रथम अशा बाटल्या कॉस्टिक सोड्याच्या द्रवाने खळबळवून व मग अनेक वेळा पाण्याने खळबळवून व स्वच्छ करून वापरावयास घ्याव्या लागतात. लिटमस कागदावर कोणताही परिणाम दाखविला गेला नाही म्हणजे या बाटल्या नमुने गोळा करण्यायोग्य झाल्या असे समजावे.

पदार्थविज्ञान, रासायनिक आणि जीवशास्त्रविषयक अशा तीन चाचण्यांसाठी मिळून जर्मन शास्त्रज्ञ हार्डेनबर्ग यांच्या मते पाण्याचा दरमहा गोळा करावयाच्या नमुन्यांची संख्या एकंदर लोकसंख्येच्या प्रमाणावर अवलंबून असते व ते आकडे खालीलप्रमाणे आहेत :

लोकसंख्या		नमुन्यांची संख्या
२,५०० हून कमी	...	१
२,५०० ते १०,०००	...	७
१०,००० ते २५,०००	...	२५
२५,००० ते १ लाख	...	१००
१ लाख ते १० लाख	...	३००
१० लाख ते २० लाख	...	३९०
२० लाख ते ५० लाख	...	५००

अनुक्रमणिका

ब्रिटिश शास्त्रज्ञांच्या मते नमुन्यांची संख्या लोकसंख्येवर अवलंबून नसून ती तज्ज्ञांच्या सल्ल्यावर अवलंबून आहे. सर्वसाधारणपणे निरनिराळ्या उगमांपासून उपलब्ध होणाऱ्या पाण्याच्या अवस्थेवर नमुन्यांची संख्या अवलंबून आहे. यात लोकांना नळावाटे मिळणाऱ्या पिण्याच्या पाण्याचाही समावेश होतो.

एकट्या जीवशास्त्रविषयक चाचणीसाठी १०० घन सेंटिमीटर पाणी निर्जंतुक बाटलीत ठेवलेले लागते. तसेच अशा नमुन्यांचे तपमान १० अंश सेंटिग्रेट ठेवावे लागते व त्यासाठी बर्फाच्या पेट्या वापरतात.

नमुने गोळा केल्यापासून ते प्रत्यक्ष चाचणीस सुरुवात करीपर्यंतचा कालावधी खाली दिल्याप्रमाणे असावा—

पदार्थविज्ञान आणि रासायनिक पृथक्करणासाठी :

(अ)	शुद्ध पाणी	...	७२ तास
(ब)	बऱ्याच प्रमाणात शुद्ध असलेले पाणी	...	४८ तास
(क)	दूषित किंवा अशुद्ध पाणी	...	१२ तास
(ड)	सांडपाणी आणि मैलापाणी	...	४ ते ६ तास
	जीवशास्त्र पृथक्करणासाठी :		
(अ)	शुद्ध पाणी	...	१२ तास
(ब)	अशुद्ध पाणी	...	६ तास

५-४. पाण्याचा नमुना घेण्याची कृती :

पाण्याचा नमुना गोळा करताना सर्वप्रथम बाटलीत निम्म्यापर्यंत प्रत्यक्ष उगमातील पाणी भरून, बाटली हालवून ती रिकामी करतात. नंतर बाटली संपूर्णपणे भरून बूच लावून त्यावर कागद बांधतात व त्याला लेबल लावून त्यावर नमुनाक्रमांक व इतर नोंदी करतात. नदीच्या अगर वाहत्या पाण्यांचा नमुना गोळा करताना पाण्याच्या पातळीच्या खाली बाटलीचे तोंड धरतात व पाण्याचा नमुना घेतात. पाण्याचा प्रवाह उथळ असेल तर नमुना घेताना तळावरील गाळाला धक्का लागणार नाही किंवा तो डिवचला जाणार नाही याची काळजी घ्यावी लागते.

नमुने गोळा केल्यावर काही ठराविक माहितीची नोंद करावी लागते. उदा.— नमुन्यांची संख्या, नमुने घेतल्याची तारीख, पाण्याचा उगम (विहिरी, झरा, नदी, जलाशय इत्यादी), आजूबाजूच्या भू-प्रदेशाची परिस्थिती, (उदा.— जवळपास उकिरडा, राख, घाणपाण्याची कुंडी किंवा मलकूप कुंड, उघडी गटारे, खतांचे ढीग इत्यादींचे अस्तित्व) विहिरी किंवा झऱ्यांच्या बाबतीत झिरपणाऱ्या पाण्याच्या संबंधात जमिनीची किंवा दगडाची क्षमता माहीत होण्याच्या दृष्टीने बाजूच्या प्रदेशाचा प्रकार किंवा जाती याबाबतही नोंद करावी लागते. विहिरीचा व्यास व खोली यांचीही नोंद ठेवावी लागते.

सर्व नमुने घेऊन झाल्यावर शक्य तितक्या लवकर त्यावरील चाचण्या घेतात. जीवशास्त्र चाचण्याबाबत वेळ दवडून चालत नाही. उष्ण हवेमध्ये नमुने प्रयोगशाळेत पाठविण्याचा काल एका तासाहून

अधिक लागत असल्यास नमुने बर्फात ठेवावे लागतात. कोणत्याही परिस्थितीत नमुने पाठविण्याचा आणि ते प्रयोगशाळेत साठवून ठेवण्याचा काल अशुद्ध पाण्याच्या बाबतीत सहा तासांपेक्षा जास्त व बऱ्याच प्रमाणात शुद्ध असलेल्या पाण्याच्या बाबतीत बारा तासांपेक्षा जास्त असता कामा नये.

जलशुद्धीकरण करताना गलंतिकेकडे जाणारे पाणी, गलंतिकेतून बाहेर येणारे (गाळलेले) पाणी, क्लोरिन मिसळलेले पाणी, आणि पाणीपुरवठा करणाऱ्या नळांच्या कोंडाळ्यातील पाणी यांचेही नमुने गोळा करून त्यांचे पृथक्करण करावे लागते. त्याशिवाय पिण्यासाठी पुरविण्यात येणाऱ्या शुद्ध पाण्याची अवस्था (स्वच्छ, निर्जन्तुक पाणी) कळून येत नाही.

५-५. चाचण्या व मानके (Tests and standards) :

अशुद्ध पाण्याच्या पृथक्करणासाठी भौतिक, रासायनिक आणि जीवशास्त्रविषयक चाचण्या आवश्यक असल्याचे यापूर्वी पाहिलेच आहे. भौतिक चाचणीपासून पाण्याचा रंग, रुची, वास, स्वच्छपणा आणि गढूळता यांबद्दल माहिती मिळते. या माहितीवरून पाणी अशुद्ध किंवा दूषित का बनले आहे ते कळू शकते.

रासायनिक चाचणीपासून पाण्यातील एकूण घनपदार्थ, मुक्त अमोनिया, अल्ब्युमिनाइड अमोनिया, नायट्रेटस् स्वरूपातील नायट्रोजन, नायट्राइटस् स्वरूपातील नायट्रोजन, शोषित ऑक्सिजन, आणि क्लोरिन याबद्दल माहिती मिळते. तसेच पाण्यातील हैड्रोजन अयनच्या समाहरणाबाबत माहिती मिळते. तसेच विद्रुत वायू, अफेनदता (कठिणता), विषारी धातू, शिशावरील परिणाम, सेंद्रिय व निरिंद्रिय पदार्थ, प्लविदे, सल्फेटस्, फॉस्फेटस् इत्यादींबाबतची माहिती रासायनिक चाचणीपासून उपलब्ध होते.

जीवशास्त्रविषयक चाचणीवरून पाण्यातील जीवजंतूंचे प्रकार कळू शकतात. पाण्यापासून होणारे बहुतेक रोग हे मानवाच्या किंवा प्राण्यांच्या आतड्यांतील जंतू पाण्यात मिसळले गेल्याने उद्भवतात; आणि म्हणून जीवशास्त्रविषयक चाचणीचामुख्य उद्देश पाण्यात मैला-पाणी मिसळले गेले आहे किंवा काय हे पाण्यातील जीवजंतूंच्या प्रकारावरून ठरवण्याचा आहे.

वरीलतिन्ही प्रकारच्या चाचण्या प्रयोगशाळेत केल्यानंतर त्यासंबंधातील माहितीची नोंद खाली दर्शविलेल्या तक्त्यात नोंदवितात.

तक्ता

(नाव) .... उगमापासून गोळा केलेल्या पाण्याच्या नमुन्यांवरील चाचण्यांचा सारांश—

नमुना घेतल्याचा दिनांक :
नमुना घेणाऱ्याचे नाव :
नमुना मिळाल्याचा (प्रयोगशाळेत पोहोचल्याचा) दिनांत :
लेबलावर नोंद केल्याप्रमाणे पाण्याचा उगम :

अनुक्रमणिका

भौतिक गुणधर्म :

तपमान : वास :

रंग : गढुळता : स्वाद [अतिदूषित पाण्यावर ही चाचणी घेत नाहीत.] :

रासायनिक गुणधर्म :

(भाग प्रतिदशलक्ष)

एकंदर घन पदार्थ	....
विद्रुत पदार्थ	....
एकंदर कठिणता $CaCO_3$प्रमाणात	....
कायमची कठिणता $CaCO_3$ प्रमाणात	....
हंगामी कठिणता $CaCO_3$ प्रमाणात	....
उद्धनांक	
अल्कता $CaCO_3$ प्रमाणात येथील ऑरेंजशी	....
आम्लता $CaCO_3$ प्रमाणात फेनॉलप्थॅलिनशी	....
क्लोराइड, क्लोरिनच्या स्वरूपात	....
अमोनियाच्या स्वरूपात नायट्रोजन	....
अल्ब्युमिनाइड नायट्रोजन	....
नायट्रिक नायट्रोजन	....
कार्बन-डायॉक्साइड	....
प्लविदे	....

विद्रुत ऑक्सिजन..........भाग प्रतिदशलक्ष, किंवाघन सेंटिमीटर प्रतिलिटरला......°C ला.

गुणगुणात्मक तपासणी :

नायट्राइटस् ...., सल्फेटस्.......,फॉस्फेटस् ...., शिसे, लोखंड, इत्यादी......

सूक्ष्मदर्शक तपासणी :

जीवशास्त्रविषयक चाचणी :..................

एकंदर वसाहती, दर घनसें.मी.ला ३७° सें.ला 'अगार' खाद्यावर..........

कोलिफॉर्म जातीचे जंतू किती घनसेंटिमीटर मध्ये आहेत?..................

पाणी पिण्यायोग्य आहे किंवा नाही त्याबाबत शेरा ....

अनुक्रमणिका

५-६. पिण्याच्या पाण्याची भारतीय मानके

(Indian standards for drinking water) :

भौतिक मानके :

तपमान : १०° ते १६° सेंटिग्रेड; वास : ० ते ४ PO माप.
रंग : १० ते २० (प्लॅटिनम् कोबाल्ट स्केल)
गढूळता : ५ ते १० भाग प्रतिदशलक्ष (सिलिका स्केल)

रासायनिक मानके :

	भाग प्रतिदशलक्ष
एकूण घनपदार्थ	५००
अफेनदता (कठिणता)	१०° किंवा १००
उद्धनांक	६·५ ते ८
कार्बोनेट अल्कता	१२०
क्लोराइडस्	२५०
लोह व मग्न	०·५ ते १·०
विद्रुत ऑक्सिजन	५ ते ६
शिसे	०·१
प्लविदे	१·५
अर्सेनिक	०·०५
सेलेनियम	३·०
तांबे	०·३
मॅग्नेशियम	१२५
मुक्त अमोनिया	०·१५
अल्ब्युमिनाइड अमोनिया	०·३
नायट्राइटस्	०
नायट्रेटस्	४
फेनॉलिक संयुग	०·००१
सायनाइड	०·००१

जीवशास्त्र मानके :

(अ) कोलिफॉर्म जातीच्या (E. coli) सूक्ष्म जीवजंतूचा सर्वाधिक शक्यता निर्देशांक (MPN) शून्य किंवा १०० घन सें.मी. मध्ये एकापर्यंत असावा.

अनुक्रमणिका

(ब) दर घन सेंटिमीटरमध्ये एकंदर वसाहती १०० पर्यंत चालतील.

अनुक्रमणिका

प्रकरण सहावे

जलशुद्धीकरण

६-१. शुद्धीकरण :

अशुद्ध पाण्यात तरंगणारी, आलंबित, कलिल, आणि विद्रुत अशा अवस्थेत अनेक अशुद्धे असतात. अशा प्रकारची अशुद्धे वेगळी करून अशुद्ध पाणी शुद्ध करण्याच्या क्रियेला 'जलशुद्धीकरण' म्हणतात; आणि शुद्धीकरणासाठी ज्या निरनिराळ्या क्रिया केल्या जातात त्यास 'शुद्धीकरण प्रक्रिया' असे म्हणतात. कोणकोणत्या प्रक्रिया करावयाच्या हे पाणी कशासाठी वापरावयाचे आहे त्यावर अवलंबून राहील. पिण्याचे पाणी स्वच्छ, पारदर्शक आणि निर्जंतुक असावे लागते. त्यामुळे जवळ जवळ सर्व तऱ्हेच्या प्रक्रिया कराव्या लागतात. जेथे खोल विहिरींचे किंवा नलिकाकूपांचे पाणी वापरले जाते तेथे फारच थोड्या प्रक्रियांची गरज असते. परंतु मोठ्या शहरांच्या बाबतीत पाणीपुरवठा बहुधा नद्यांपासून किंवा जलाशयांपासून होत असल्यामुळे पाणी शुद्ध करण्यासाठी बऱ्याच प्रक्रिया कराव्या लागतात. जलशुद्धीकरण करण्याचे उद्देश खालीलप्रमाणे आहेत—

(अ) मानवी आरोग्याचे संरक्षण करण्यासाठी;
(ब) बचतीसाठी : उदा.— फेनद पाण्यामुळे कपडे धुलाईचा खर्च कमी होतो.
(क) सौंदर्यासाठी : उदा.— रुची, वास, रंग आणि गढूळपणा काढून टाकावा लागतो.
(ड) कारखान्यांसाठी : उदा.— बॉयलरमध्ये वापरण्यासाठी फेनद पाणी असावे लागते.
(इ) इतर कारणांसाठी : उदा.— पोहोण्याचा तलाव, प्लविदे काढून टाकण्यासाठी, गंजण्याची क्रिया कमी करण्यासाठी वगैरे.

६-२. शुद्धीकरण प्रक्रिया :

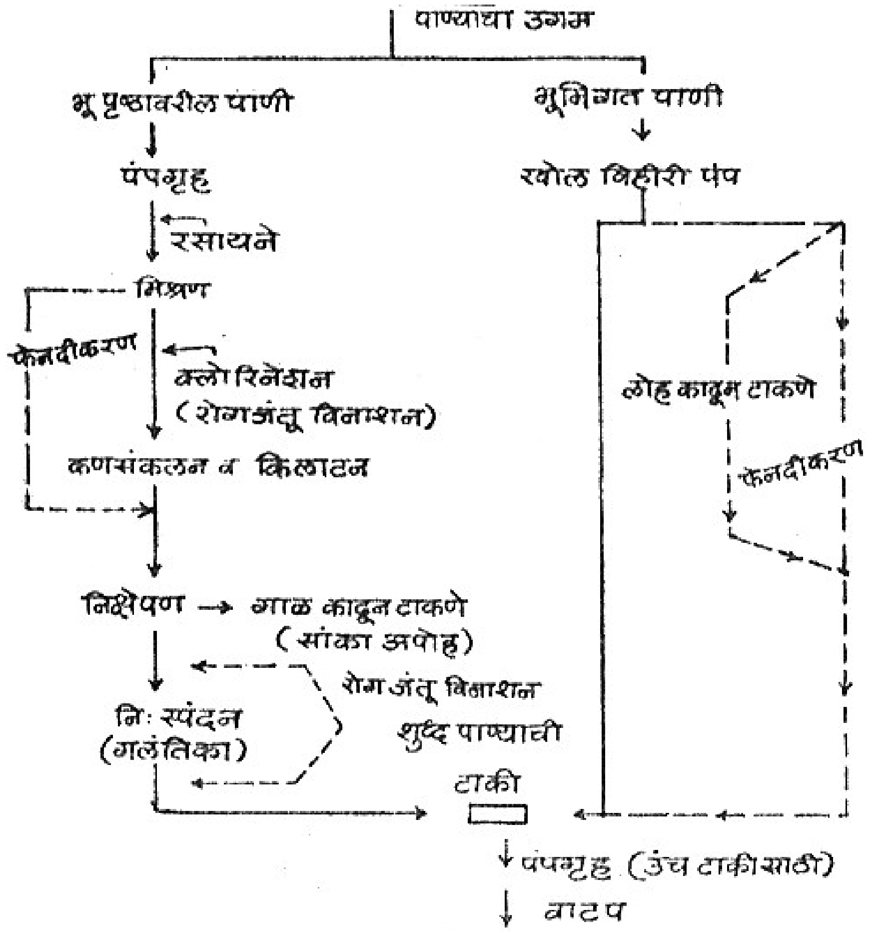
आकृती १८ मध्ये दिलेल्या तक्त्यावरून भू-पृष्ठावरील पाणी व भूमिगत पाणी शुद्ध करण्यासाठी कोणकोणत्या प्रक्रिया कराव्या लागतात याची साधारण कल्पना येऊ शकेल.

पाण्यावर तरंगणारे पदार्थ मोठ्या आकाराच्या फटी असलेल्या आणि लहान आकाराच्या फटी किंवा भोके असलेल्या जाळ्या वापरून बाजूला करण्यात येतात. मोठ्या आकाराच्या फटींची जाळी धातूंच्या पट्ट्या २५ ते ५० मिलिमीटर अंतरावरठेवून तयार करतात. अशा जाळ्या उपादानात बसविलेल्या असतात, त्यामुळे मोठ्या आकाराचे तरंगणारे पदार्थ उपादानातून व पुढे पंपगृहातून जलशुद्धीकरण प्रक्रिया स्थळाकडे पाण्याच्या प्रवाहाबरोबर जाऊ शकत नाहीत. लहान आकाराच्या फटी ५ मि.मी. चौरस किंवा त्याहूनही लहान भोके असलेल्या गंजणार नाहीत अशा धातूपासून बनवितात. अशा जाळ्या जलशुद्धीकरण प्रक्रिया स्थळात प्रवेशणाऱ्या पाण्याच्या प्रवाहाच्या तोंडाशी बसवितात. ज्या पाणवाट किंवा पाटात, किंवा नलिकेच्या तोंडावर जाळ्या बसविल्या असतील त्या जाळ्यांतील फटींचे किंवा भोकांचे एकूण क्षेत्रफळ पाटाच्या किंवा नलिकेच्या क्षेत्रफळाच्या १५० ते २०० टक्के असावे लागते. यामुळे फटींतून पुढे जाणाऱ्या पाण्याच्या प्रवाहाचा वेग शक्य तो दर सेकंदास ०·६ मीटरपेक्षा जास्त होणार नाही, व तरंगणारे पदार्थ

अनुक्रमणिका

फटींतून घुसणार नाहीत. तरंगणारे पदार्थ बाजूला करून फटी किंवा भोके सतत मोकळी राखण्यासाठी जाळ्या वारंवार स्वच्छ कराव्या लागतात.

<u>जलशुध्दीकरण प्रक्रिया.</u>



आकृती १८

आलंबित पदार्थ आणि रंग या गोष्टी खालील प्रक्रियांनी काढून टाकल्या जातात.—

(अ) मोठमोठ्या निक्षेपण टाक्यांत पाणी स्थिर ठेवल्याने पाण्यातील आलंबित अवस्थेतील जड पदार्थ गुरुत्वाकर्षणाच्या प्राबल्यामुळे टाकीच्या तळावर गाळाच्या स्वरूपात निवळून बसतात.

(ब) तुरटीसारखी काही रासायनिक द्रव्ये किलाटके पाण्यात मिसळल्यावर न विरघळणारा डिंक, किंवा सरसासारखा कणसंकलनाचा साका तयार होतो. हा साका पाण्यातील सूक्ष्म आलंबित पदार्थ शोषून व पकडून धरतो. हीच पृष्ठशोषण क्रिया होय. त्यामुळे अर्थातच कणांचे वजन वाढून गुरुत्वाकर्षणामुळे ते खाली निवळून बसतात. या क्रियेला 'किलाटन व निक्षेपण' असे म्हणतात.

(क) रसायने अगर किलाटके वापरूनही जे अतिसूक्ष्म कण किंवा कलिले गुरुत्वाकर्षणाने निवळून खाली बसू शकत नाहीत ती निःस्पंदन किंवा गलंतिकेचा उपयोग करून काढून टाकतात. गलंतिकेत

अनुक्रमणिका

वाळूच्या थरांचा उपयोग केला जातो, त्यामुळे गाळण्याची क्रिया होऊन बहुतेक सर्व जीव-जंतूही बाजूला काढले जातात.

गलंतिकेतून गाळून बाहेर येणाऱ्या पाण्यात जर रोगजंतू राहिले तर ते नष्ट करण्यासाठी क्लोरिन किंवा इतर रोगजंतु-विनाशके वापरतात.

प्राणवायू शोषणासाठी नैसर्गिक हवेमध्ये कारंज्याच्या स्वरूपात पाणी फवारून किंवा अन्य उपायांनी पाण्याची रुची, वास इत्यादी नको असलेल्या गोष्टी नाहीशा करता येतात.

फेनदीकरण प्रक्रियेत काही रसायने वापरून अफेनद (कठीण) पाणी फेनद (मृदू) करण्यात येते.

काही वेळा पाण्यामध्ये प्लविदांचे प्रमाण जास्त असल्यास अनिष्ट परिणाम होऊन दांत किडणे किंवा सडणे, दातांत फटी तयार होणे यांसारखे प्रकार घडतात. त्यासाठी प्लविदांचे प्रमाण ठराविक पातळीवर राखण्यासाठी प्लविदीकरण किंवा प्लविदीकरणनिरास यांपैकी आवश्यक ती प्रक्रिया करावी लागते.

६-३. अशुद्ध (दूषित) पाण्यामुळे होणारे रोग :

नद्या, सरोवरे, तळी, जलाशय, कालवे इत्यादींतील नैसर्गिक पाणी अनेक कारणांमुळे दूषित होते. विशेषतः मलमूत्र मिसळले गेल्याने, गुरेढोरे धुण्याने, तसेच कारखान्यांतील कुजके-सडके पदार्थ व इतर घाणेरडे सेंद्रिय पदार्थ यांची योग्य ती विल्हेवाट न लावता ते पदार्थ नैसर्गिक पाण्यात सोडून दिल्याने पाणी दूषित बनते. अशा दूषित पाण्यात सूक्ष्म जीवजंतू निर्माण होतात व त्यामुळे असे पाणी पिण्यात आल्यास आंतड्यांचे रोग – विशेषतः टाइफॉइड, कॉलरा, जंत, आमांश, हगवण इत्यादी इतकेच नव्हे तर अतिसूक्ष्म जीवाणूंमुळे (व्हायरस) कावीळ, पोलिओ, हत्तीरोग इत्यादी रोगकिंवा साथी उद्भवतात व मानवी आरोग्यास धोका निर्माण होतो. प्रत्येक रोगाचे जीवजंतू वेगळाले असतात. सामान्यतः जीवजंतूंची (बॅक्टेरिया) लांबी १ ते ४ मायक्रॉन्स इतकी असते (१ मायक्रॉन = १/१००० मिलिमीटर). त्यांची वाढ विभाजन पद्धतीने होते, व ती अतिशय वेगवान असते. बहुतेक जीवजंतू दमट हवेत ६०° सें. तपमानास सुमारे १० मिनिटांत मरतात, व तेच कोरड्या हवेत १७०° सें. तपमान व सुमारे ६० मिनिटांचा अवधी लागतो. शक्तिमान अशा सूर्यप्रकाशामुळे उथळ पाण्यातील जीवजंतू बऱ्याच प्रमाणात मारले जातात. जीवजंतूंचे वर्गीकरण निरनिराळ्या प्रकारे केले जाते.

(१) आकारमानाप्रमाणे :

(अ) वाटोळे किंवा गोल जीवजंतू,

(ब) काठीच्या आकाराचे जीवजंतू,

(क) नागमोडी किंवा मळसूत्राप्रमाणे.

(२) जातीप्रमाणे :

(अ) परजीवी किंवा परान्नपुष्ट जीवजंतू : असे जीवजंतू दुसऱ्या मोठ्या सजीव जीवजंतूंच्या शरीरावर किंवा शरीरात राहतात व वाढतात.

(ब) सॅप्रोफिटिक जीवजंतू : असे जीवजंतू दुसऱ्या मेलेल्या जंतूंच्या शरीरावर किंवा शरीरात राहतात व वाढतात.

(क) रोगकारक जीवजंतू : सजीव प्राण्याच्या शरीरात राहून रोग उत्पन्न करणारे जीवजंतू. असे जीवजंतू प्रामुख्याने आतड्यांत राहतात; आणि कॉलरा, टाइफॉइड, आमांश यांसारखे रोग होतात. असे जंतू विष्ठेतून बाहेर पडून मलमूत्र विसर्जनामार्गे पाण्यात मिसळले जाऊन पाणी दूषित करतात.

(ड) रोग उत्पन्न न करणारे जीवजंतू : असे जीवजंतू मानवी शरीराला धोकादायक नसतात.

(३) प्राणवायूच्या आवश्यकतेप्रमाणे :

(अ) सानिक जंतू (Aerobic bacteria) : ह्या जीवजंतूंना वाढीसाठी व जगण्यासाठी मुक्त प्राणवायू किंवा हवेतील प्राणवायू लागतो. पाण्यातील जीवजंतू व रोगकारक जीवजंतू या गटात येतात.

(ब) अनौर्वजंतू (Anaerobic bacteria) : प्राणवायूशिवाय जगणारे व वाढणारे सर्व जीवजंतू या गटात येतात. मैला-पाणी व सांडपाणी यात हे जीवजंतू असतात.

(क) फॅकल्टेटिव्ह जंतू (Facultative bacteria) : प्राणवायू असताना किंवा सतनानाही असे जीवजंतू जगू शकतात व वाढू शकतात.

६-४. निक्षेपण (Sedimentation) :

पाणी जेव्हा अत्यंत गढूळ असते तेव्हा जाडेभरडे आलंबित पदार्थ दूर करण्यासाठी प्राथमिक निक्षेपण फार फायद्याचे किंवा काटकसरीचे ठरते. कारण जाडेभरडे आलंबित-पदार्थ-विरहित पाण्यावर शुद्धीकरणाच्या निक्षेपण प्रक्रियेनंतरच्या प्रक्रिया करणे सोपे जाते.

निक्षेपण प्रक्रिया दोन प्रकारच्या आहेत :

(अ) निव्वळ निक्षेपण (Plain Sedimentation),

(ब)किलाटनाच्या साहाय्याने निक्षेपण (Sedimentation with Coagulation).

निव्वळ निक्षेपण प्रक्रियेत पाण्याच्या टाकीत पाणी स्थिर ठेवतात. त्यामुळे पाण्यातील ज्या आलंबित पदार्थांचे विशिष्टगुरुत्व पाण्याच्या विशिष्टगुरुत्वापेक्षा (म्हणजे एकापेक्षा) जास्त असते असे पदार्थ गुरुत्वाकर्षण व इतर प्रेरणांमुळे टाकीच्या तळावर निवळून बसतात. जे पाणी बऱ्याच प्रमाणात शुद्ध असते व

ज्याच्यात नको असलेले जाडेभरडे आलंबित जड पदार्थ असतात असे पाणी शुद्ध करण्यासाठी निव्वळ निक्षेपण प्रक्रिया उपयुक्त ठरते.

किलाटकांच्या साहाय्याने निक्षेपण प्रक्रिया करताना पाण्यात काही रसायने म्हणजेच किलाटके व्यवस्थितपणे मिसळतात. यामुळे पाण्यात जे हलके आलंबित पदार्थ असतात (ज्यांचे विशिष्यगुरुत्व एक किंवा एकापेक्षा कमी असते) त्या पदार्थांच्या कणासभोवती किलाटकांचे आवरण तयार होते व पाणी हळुवारपणे घुसळल्याने असे कण एकत्र येऊन त्यांचे अनेक समूह (साका) तयार होतात. यालाच 'कणसंकलन' म्हणतात. पाण्यात किलाटन मिसळून ते कणसंकलन होईपर्यंतच्या प्रक्रियेला 'किलाटन प्रक्रिया' असे म्हणतात. असे कणसंकलनमिश्रित पाणी निक्षेपण टाकीत घेतल्यावर व पाणी स्थिर ठेवल्यावर पूर्वी न निवळणारे कण आता त्यांचे विशिष्टगुरुत्व एकापेक्षा जास्त झाल्याने ते आपोआप निवळून टाकीच्या तळावर बसतात. अशा रीतीने पाण्यातील आलंबित स्थितीतील सूक्ष्म कण व कलिल पदार्थ वेगळे करण्यास किलाटनाच्या साहाय्याने केलेले निक्षेपण फार उपयोगी पडते.

६-५. निक्षेपणशास्त्र (Theory of Sedimentation) :

स्थिर आणि कायम वाहात असलेल्या द्रवातील आलंबित पदार्थांच्या निक्षेपणाच्या दृष्टीने शास्त्रीय व प्रायोगिक अभ्यास आतापर्यंत पुष्कळच करण्यात आले. इ.स. १८५० मध्ये स्टोक नावाच्या शास्त्रज्ञाने 'द्रवातील सूक्ष्म कणांच्या निवळण्याच्या वेगा' बाबत सूत्र तयार केले. त्यानंतर याच निक्षेपण प्रक्रियांचा अभ्यास हेझन्, स्लेह कॅम्प व इतर शास्त्रज्ञांनीही केला.

स्थिर पाण्यात ज्या कणांचे विशिष्टगुरुत्व पाण्याच्या विशिष्टगुरुत्वापेक्षा जास्त असते असे कण गुरुत्वाकर्षणामुळे निवळून खाली बसतात. मात्र निवळत असताना पाण्याचा चिकटपणा, घर्षण, आणि पाण्याची जडता यांच्या प्रतिकाराला तोंड द्यावे लागते. लहान लहान कणांचा निक्षेपणाचा वेग आणि निक्षेपणावरील इतर गोष्टींचे प्राबल्य यांमध्ये संबंध दर्शविणारे सूत्र स्टोक्सने तयार केले :

$$\text{व} = \frac{२}{९} \text{ ग } \frac{\text{घ} - \text{घ}'}{\text{च}} \times \text{त्रि}^{२}$$

व = विक्षेपणाचा वेग
ग = गुरुत्वाकर्षणाचा वेग.
घ = कणाची घनता.
घ′= द्रवाची घनता
च = द्रवाचा चिकटपणा.
त्रि = कणाची त्रिज्या.

वरील सर्व गुणकांची किंमत सेंटिमीटर, ग्रॅम, सेंकदमध्ये आहे.

अनुक्रमणिका

चिकटपणा हा तपमानावर अवलंबून असल्याने सूत्रांत चिकटपणाच्या गुणकाऐवजी तपमानाचा गुणक वापरावा. 'च'ची किंमत ०·०१३०३ धरल्यास द्रवाचा कोणत्याही तपमानाला असणारा चिकटपणा आणि १०° सेंटिग्रेड तपमानाला

असणारा चिकटपणा यांचे प्रमाण $\frac{१०}{०·३ त + ७}$ इतके असते. (त = तपमान).

म्हणून $व = ४१८ (घ - घ') ड^{२} \frac{०·३ त + ७}{१०}$ मि. मी. दर सेकंदास.

ड = कणाचा व्यास. कणाचा आकार ०·१० ते १·० मिलिमीटरपर्यंत. सर्व किंमती मिलिमीटरमध्ये आहेत.

वाळूच्या कणांच्या बाबतीत विशिष्टगुरुत्व २·६५ असल्याने सूत्र—

$व = ६९० ड^{२} \frac{०·३ त + ७}{१०}$ मि.मी. दर सेकंदास होईल.

तसेच मैला-पाण्यातील सेंद्रिय कणांच्या बाबतीत विशिष्टगुरुत्व १·२

असल्याने सूत्र $व = ८४ ड^{२} \frac{०·३ त + ७}{१०}$ मि.मी. दर सेकंदास होईल.

ज्या वेळीकणाचा आकार ०·१ मि.मी. पेक्षाही लहान असेल त्या वेळी 'व' ची किंमत सूत्रातील 'ड' च्या किंमतीप्रमाणे बदलेल.

खालील तक्त्यात कणांचे विशिष्टगुरुत्व अनुक्रमे २·६५ आणि १·२ असताना निक्षेपण वेग किती असेल ते दिले आहे :

कणाचा व्यास मि.मी.	निक्षेपण वेग मिलिमीटर दर सेकंदास		कणाचा व्यास मि.मी.	निक्षेपण वेग मिलिमीटर दर सेकंदास	
	वि.गु. २·६५	वि.गु. १·२		वि.गु. २·६५	वि.गु. १·२
१·००	१००	१२	०·०८	६	०·५४
०·८०	८३	९·६	०·०६	३·८	०·३०
०·६०	६३	७·२	०·०४	२·१	०·१३
०·४०	४२	४·८	०·०२	०·६२	०·०३४
०·२०	२१	२·४	०·०१	०·१५४	०·००८

अनुक्रमणिका

०·१०	८	१·२	०·००८	०·०९८	०·००५

इ.स. १९०४ च्या सुमारास हेझन् नावाच्या शास्त्रज्ञाने गणितशास्त्राधारे निक्षेपण प्रक्रियेचा अभ्यास करून असा निष्कर्ष काढला की, "निक्षेपणात टाकीच्या क्षमतेपेक्षा टाकीच्या पृष्ठभागाचे क्षेत्रफळ हे जास्त महत्त्वाचे आहे." याचे कारण खोल टाकीपेक्षा उथळ टाकीत निक्षेपणक्रिया होत असताना कणांना तळाकडे जाण्यासाठी कमी अंतर कापावे लागते आणि त्यामुळे उथळ टाकीत निक्षेपण जलद होऊ शकते. यासाठी टाकीतील पाणी स्थिर ठेवण्याचा जो काल असेल त्या कालात लहानात लहान कण तळाकडे पोहोचला पाहिजे. तरच निक्षेपण जास्त कार्यक्षम राहील.

वरील बाबतीत हेझनने दोन गोष्टी गृहीत धरल्या आहेत, त्या म्हणजे :

(१) जेव्हा आलंबित पदार्थाचा कण तळावर आपटेल तेव्हापासून तो कण तळावर त्याच ठिकाणी राहील; आणि कधीही तो कण पुढे नेला जाणार नाही किंवा पुन्हा वरही उचलला जाणार नाही.

(२) सर्व कणांचा निक्षेपणाचा वेग सारखाच असेल.

हेझनचे शास्त्र जड आणि जाड्याभरड्या कणांच्या बाबतीत जास्त सयुक्तिक असल्याचे दिसते. निक्षेपण टाकीची मापे ठरविताना टाकीच्या खोलीपेक्षा क्षेत्रफळ जास्त महत्त्वाचे असल्याचे, लांबी आणि खोली यांच्या प्रमाणाला मर्यादा हवी असल्याचे, आडपडद्यांमुळे कार्यक्षमता २५ टक्क्यांनी तरी वाढत असल्याचे, तपमानाचे महत्त्व जास्त असल्याचे, आणि पाण्याच्या पृष्ठभागावरील वाऱ्याचा परिणाम कमीत कमी ठेवणे इष्ट असल्याचे दिसून येते.

६-६. निक्षेपण टाक्यांची कार्यपद्धती आणि प्रकार :

निक्षेपण टाक्यांची कार्यपद्धती दोन तऱ्हेने चालू शकते :

(१) स्थिर किंवा भरणे आणि काढणे.

(२) सतत प्रवाहित.

पहिल्या कार्यपद्धतीत पाणी काही ठराविक कालापर्यंत टाकीत स्थिर ठेवले जाते. या कालात आलंबित पदार्थ निवळून टाकीच्या तळावर बसतात व त्यांचा साका तयार होतो. नंतर निवळलेले वरचे वरचे पाणी टाकीबाहेर काढून घेतात व तळावरील साका काढून टाकून रिकामी टाकी पुन्हा नवीन पाण्याने भरतात. या पद्धतीत फार वेळ खर्च होतो.

दुसरी पद्धत सध्याच्या बहुतेक सर्व जलशुद्धीकरण केंद्रांत वापरली जाते. या कार्यपद्धतीत पाणी टाकीच्या एका बाजूकडून समोरच्या दुसऱ्या बाजूकडे सतत प्रवाहित ठेवतात. पाण्यातील आलंबित पदार्थाच्या जड कणांनी टाकीत प्रवेश केल्यावर ते टाकीच्या दुसऱ्या बाजूकडून बाहेर पडण्यापूर्वीच

टाकीच्या तळावर जाऊन पडतात. लहान जागा आणि कमी किंमत हे या कार्यपद्धतीचे फायदे आहेत. सतत प्रवाहित टाक्यांचे तीन प्रकार आहेत :

(अ) आडवा प्रवाह, आयताकृती टाकी.

(ब) कैन्द्रिक प्रवाह, वर्तुळाकार टाकी.

(क) उभा प्रवाह, चौरस सूचीच्या आकाराचा तळ असलेली टाकी.

(अ) आयताकृती टाक्या (आडवा प्रवाह) : आयताकृती टाकीची लांबी रुंदीच्या दुप्पट किंवा तिप्पट असते. टाकीतील पाण्याचा प्रवाह आडव्या पातळीत असतो. प्रवाहाचा जास्तीत जास्त वेग दर मिनिटाला ०·३ मीटरपेक्षा जास्त नसतो. टाकीच्या तळाचा उतार ३० सांत १ पासून ४० सांत १ पर्यंत असतो. या उतारामुळे तळावर साठणारा साका (गाळ) एकत्रित करून तो टाकीबाहेर काढणे सोपे जाते. टाकीची सर्वसाधारण खोली ३ ते ५·५ मीटर असते. उथळ टाक्यांची खोली २ मीटरपर्यंतही असू शकते. साधारणतः दोन टाक्यांची तरतूद केलेली असते. त्यामुळे एक टाकी स्वच्छ किंवा दुरुस्त करावयाची झाल्यास दुसरी टाकी कार्यान्वित राहून जलशुद्धीकरणकार्यात खंड पडत नाही. दोन टाक्यांमुळे एक टाकी हातची राहते. पाणी टाकीत राहण्याचा काल २ ते ४ तास असतो. टाकीची क्षमता साधारणपणे दर ताशी दर चौरस मीटरला १००० लिटर इतकी असते. याचा अर्थ दर तासाला टाकीच्या एक चौरस मीटर क्षेत्रफळातून १००० लिटर पाणी निक्षेपण होऊन टाकीबाहेर जाईल. ही गोष्ट ध्यानात घेऊन टाकीचा आकार ठरविता येतो. उदा.— दर ताशी ३०,००० लिटर पाण्याचे निक्षेपण करावयाचे असेल व निक्षेपण टाकीतील पाणी ठेवण्याचा काल २ तास असेल तर टाकीची क्षमता ३०,००० × २ =६०,००० लिटर इतकी राहील. म्हणजेच ६००००/१०००० = ६० घनमीटर घनफळ होईल. टाकीतील पाण्याची खोली ३ मीटर ठेवल्यास टाकीच्या पृष्ठभागाचे क्षेत्रफळ ६०/३ = २० चौरस मीटर पाहिजे. आता २० चौ. मीटर क्षेत्रफळ ठेवल्यास पाणी ओसंडून वाहण्याचा वेग ३००००/२० = १५००लिटर, दर ताशी दर चौ. मीटरला राहील. परंतु तो १००० लिटर इतका असावयास पाहिजे, म्हणून ३००००/१००० = ३० चौरस मीटर इतके टाकीचे क्षेत्रफळ ठेवणे रास्त होईल. टाकीची रुंदी लांबीच्या दुप्पट धरल्यास, ३० चौ.मी. क्षेत्रफळासाठी ८ मीटर लांबी व ४ मीटर रुंदी जास्त सयुक्तिक राहील. टाकीच्या तळावर साठणाऱ्या गाळासाठी ०·५ मीटर खोली धरल्यास आणि पाण्याच्या पृष्ठभागावरील उंची (मोकांश) ०·५ मीटर धरल्यास टाकीची एकूण खोली ०·५ + ३·० + ०·५ = ४ मीटर होईल, व टाकीची एकंदर मापे ८ मीटर लांबी, ४ मीटर रुंदी व ४ मीटर खोली अशी होतील.

हेझनच्या शास्त्राप्रमाणे टाकीचे क्षेत्रफळ जास्त महत्त्वाचे आहे. म्हणून

$$\text{क्षेत्रफळ (चौ.मी.)} = \frac{\text{दर ताशी (लिटरमध्ये) येणारे पाणी}}{\text{दर ताशी दर चौरस मीटरमधून बाहेर पडणारे पाणी (लिटरमध्ये)}}$$

(किंवा ओसंडून वाहणाऱ्या पाण्याचा दर)

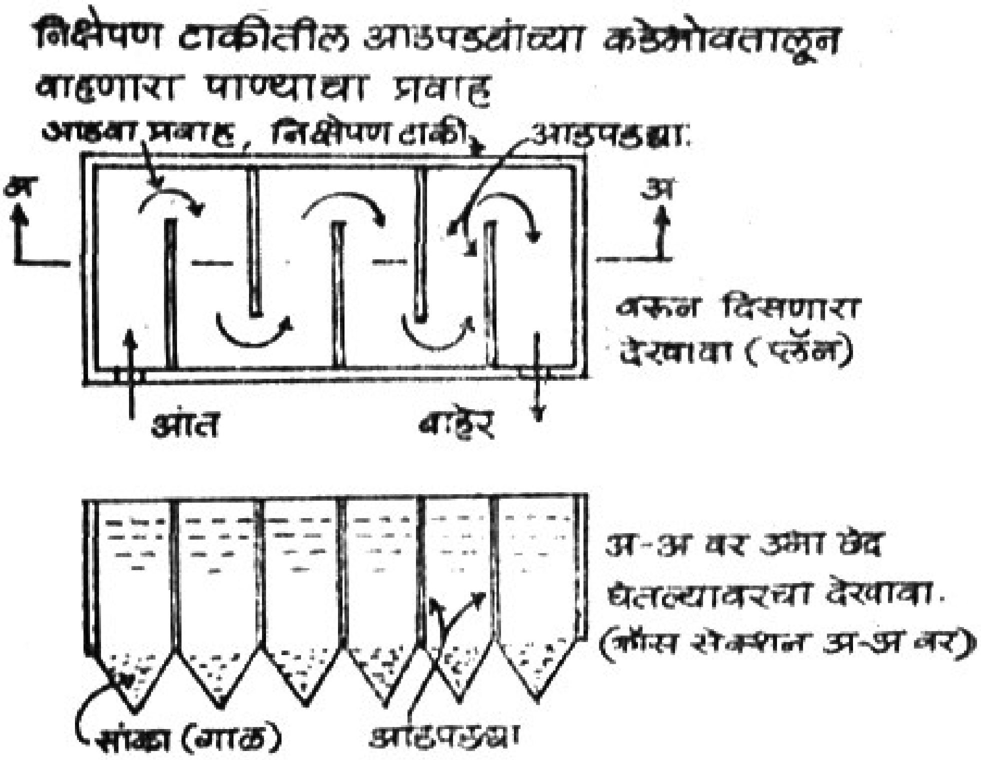
वरील उदाहरणात ओसंडून वाहणाऱ्या पाण्याचा दर ३० चौरस मीटर क्षेत्रफळासाठी ३००००/३० = १००० लिटर दर ताशी दर चौ.मी.ला राहील. किंबहुना प्रत्यक्षात क्षेत्रफळ ८ × ४ = ३२ चौ.मी.

अनुक्रमणिका

असल्याने प्रत्यक्ष दर १००० लिटरपेक्षाही कमी असेल, व म्हणून टाकीची निक्षेपणाची कार्यक्षमता जास्त समाधानकारक राहील.

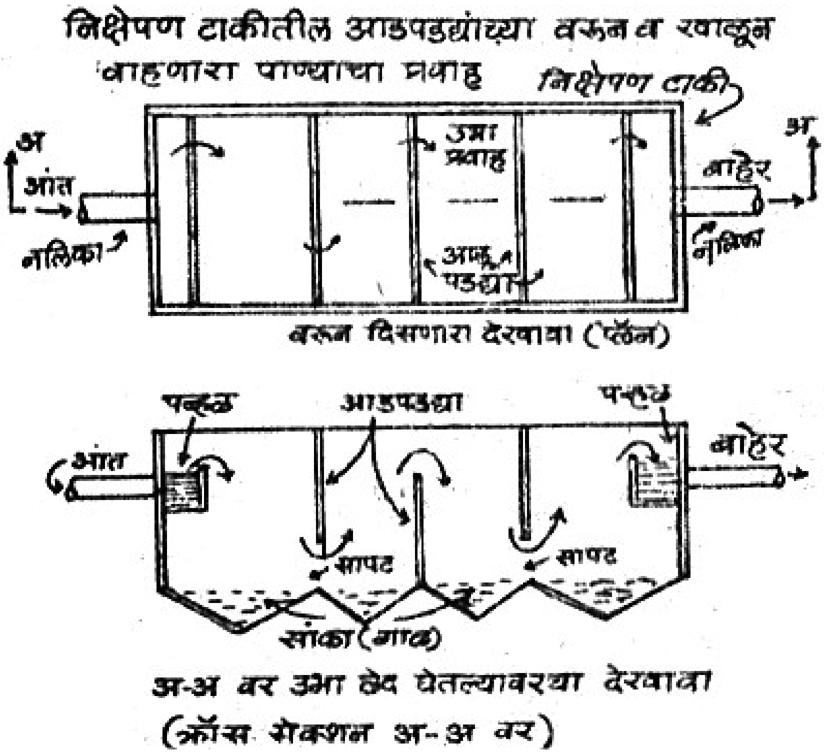
ज्या वेळी दर ताशी जास्त पाण्याचे निक्षेपण करावे लागते त्या वेळी निक्षेपण टाकीचा आकार मोठा लागतो, व विशेषतः टाकीची लांबी फारच मोठी असावी लागते. त्यासाठी जागाही जास्त लागते आणि ती महागही असते. अशा वेळी टाकीची एकंदर लांबी लहान ठेवून टाकीत आडपडद्या घालून पाण्याच्या प्रवाहाची एकूण अंतर्गत लांबी पूर्वीइतकीच म्हणजे मोठी ठेवता येते. समान्तर आडपडद्यांमुळे टाकीत लहान लहान भाग तयार होतात. टाकीतील पाणी आडपडद्यांच्या एका बाजूच्या परस्पर विरोधी उभ्या कडेभोवताली आडव्या दिशेने वाहात जाते व त्याच वेळी पाण्यातील आलंबित पदार्थांच्या कणांचे निक्षेपण होते. काही वेळा समान्तर आडपडद्या एक खाली व दुसरी वर अशा ठेवतात. त्यामुळे पाण्याचा प्रवाह खाली असलेल्या पडदीवरून व नंतरच्या वर असलेल्या पडदीच्या खालूनच्या सापटीतून व नंतर पुन्हाच्या खाली असलेल्या पडदीच्या वरून असे नागमोडी उभ्या दिशेत वाहात जाते, व तसे होताना कणांचे निक्षेपण होते. आकृत्या १९ व २० पाहा. कोणत्याही परिस्थितीत पाणी टाकीत आल्यावर व ते टाकीबाहेर पडेपर्यंत पाण्याचे लघुमंडल (शॉर्ट सर्किट)होता कामा नये. म्हणजेच पाणी आत येणाऱ्या बाजूकडून बाहेर जाणाऱ्या बाजूकडे सरळ लघुमार्गाने वाहता कामा नये. कारण तसे झाल्यास आलंबित कणांचे निक्षेपण कार्य योग्य रीतीने होणार नाही. लघुमंडल टाळणे ही निक्षेपण टाक्यांच्या बाबतीतील अतिशय महत्त्वाची गोष्ट आहे. या दृष्टीने आकृती २० मध्ये पाणी आत येण्याच्या बाजूस व बाहेर जाण्याच्या बाजूस दाखविलेली पन्हळांची व्यवस्था फार उपयोगी पडते.

आयताकृती निक्षेपण टाकी –



आकृती १९

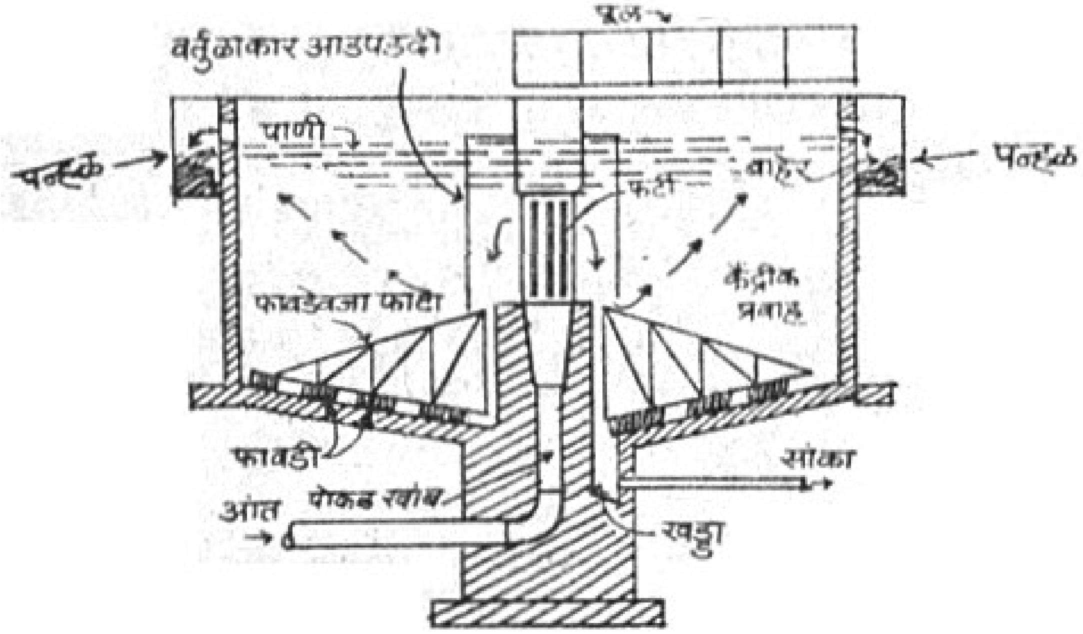
आयताकृती निक्षेपण टाकी



आकृती २०

(ब) वर्तुळाकार टाकी (कैन्द्रिक प्रवाह) : आकृती २१ पाहा. अशी टाकी मधून मधून किंवा सतत निक्षेपण क्रिया करू शकते. सतत कार्य करणाऱ्या निक्षेपण टाकीत पाण्याचा प्रवाह टाकीच्या मध्याकडून परिघाकडे असतो म्हणून त्यास कैन्द्रिक प्रवाह म्हणतात. अशा टाकीची क्षमता किंवा ओसंडून वाहणाऱ्या पाण्याचा दर प्रत्येक चौरस मीटर क्षेत्रफळास दर तासाला १५०० लिटर असतो. टाकीच्या मध्यभागी एक पोकळ खांब असतो. या खांबाच्या वरच्या बाजूस उभ्या फटी असतात, व फटींभोवती एक वर्तुळाकार आडपडदी असते. पोकळ खांबाच्या वरच्या बाजूकडील फटींतून पाणी टाकीत आल्यावर आडपडदीमुळे ते पाणी प्रथम टाकीच्या तळाच्या दिशेला जाते व मग आडपडदीखालून बाहेर निघून ते टाकीच्या वरच्या बाजूकडील परिघाकडे जाऊन पन्हळात येते. असे होत असताना पाण्यातील आलंबित पदार्थातील कणांचे निक्षेपण होऊन ते कण टाकीच्या तळावर साठतात. टाकीचा तळ मध्यबिंदूकडे उतरता ठेवलेला असतो. तळावरील साका मध्यभागाकडे ढकलण्यासाठी टाकीच्या तळावर अलगद मंद गतीने फिरणारा फावडेवजा फाटा बसविलेला असतो, व तो पोकळ खांबाभोवती खांबावरील विद्युत मोटरीमुळे फिरतो. त्याची गती ताशी ३·५ ते ४·५ मीटर इतकी असते. फाट्यामुळे सर्व साका मध्यभागाकडील एका खड्ड्यात येऊन पडतो व तेथून तो नळीवाटे बाहेर काढला जातो. टाकीतील मध्यावरील पोकळ खांबापर्यंत पोहोचण्यासाठी छोटा पूल बसविलेला असतो. टाकीतील पाण्याचा ओसंडून वाहण्याचा दर प्रत्येक तासाला एका चौरस मीटरला १५०० लिटर घेऊन टाकीची क्षमता काढतात.

वर्तुळाकार निक्षेपण टाकीचा उभा छेद

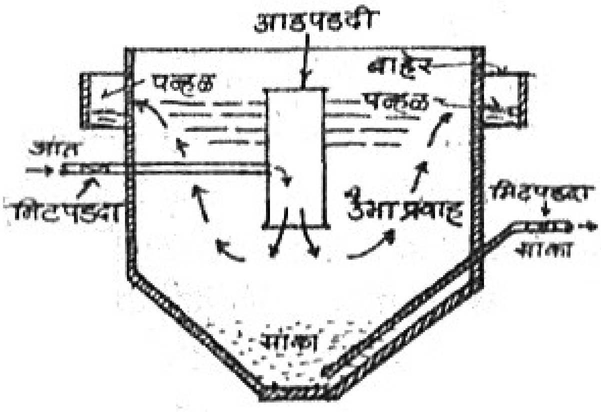


आकृती २१

(क) सूची-तळ टाकी (उभा प्रवाह) : आकृती २२ पाहा. उभा प्रवाह असणाऱ्या टाक्या वर्तुळाकार किंवा चौरस पृष्ठभागाच्या आणि सूचीप्रमाणे आकाराचा तळ असलेल्या असतात. टाक्यांची खोली ४·५ ते ७·५ मीटर पर्यंत असते. अशा टाक्या आलंबित स्थितीतील अतिसूक्ष्म कण व कलिल पदार्थ यांचे निक्षेपण करण्यासाठी उपयोगात आणतात. टाकीच्या मध्यावर एक नलिका असते व तिच्यामधून पाणी टाकीत येते. नलिकेच्या तोंडाभोवती एक वर्तुळाकार किंवा चौरस आडपडदी असते, त्यामुळे टाकीत येणारे पाणी प्रथम टाकीच्या तळाकडे जाऊन मग उभ्या प्रवाहात रूपांतरित होते; आणि शेवटी टाकीच्या वरच्या बाजूस परिघालगत असलेल्या पन्हळात जमा होते. टाकीतील पाण्याचा उभा प्रवाह चालू असतानाच पाण्यातील आलंबित सूक्ष्म कण व कलिल पदार्थ यांचे निक्षेपण होऊन ते टाकीच्या सूचीच्या आकाराच्या तळावर साक्याच्या रूपात साठतात. हा साका एका नलिकेवाटे बाहेर काढता येतो. कारण तळावरील साक्यावर टाकीतील पाण्याचा दाब असतो. अशा तऱ्हेच्या उभ्या प्रवाहाच्या टाक्या बहुतेकरून सांडपाण्यावरील अंतिम निक्षेपणप्रक्रियेसाठी वापरतात. टाक्यांची कार्यक्षमता ७० ते ८० टक्के असते. टाकीची क्षमता काढण्यासाठी पाणी ओसंडून वाहण्याचा दर प्रत्येक तासाला एका चौरस मीटरला २००० लिटर धरतात.

अनुक्रमणिका

सूची - तळ निक्षेपण टाकीचा उभा छेद



आकृती २२

६-७. मिश्रण, कणसंकलन, आणि किलाटन
(Mixing, flocculation and coagulation) :

अशुद्ध पाण्यातील आलंबित पदार्थाच्या अतिसूक्ष्म व हलक्या कणांचे निक्षेपण करण्यासाठी तुरटीसारख्या किलाटकांची मदत घ्यावी लागते, हे मागे दिलेच आहे. तसेच 'किलाटन प्रक्रिया' कशी होते व 'कणसंकलन' कसे होते त्याचाही खुलासा मागे केलेला आहे. आता किलाटकांचे पाण्यात मिश्रण व त्यानंतर कणसंकलन प्रत्यक्षात कसे करतात ते खाली दिले आहे.

किलाटके (Coagulants) : सर्वसाधारणपणे खालील किलाटके वापरण्यात येतात:

(अ) ॲल्युमिनियम सल्फेट [$Al_2 (SO4)_3$, 18 H_2O] किंवा फिल्टरॲलम (तुरटी). पाण्यात तुरटी मिसळल्यावर खालील क्रिया घडते :

$Al_2 (SO4)_3$	+	$6 H_2O$	=	$2 Al (OH)_3$	+	$3 H_2 SO4$
तुरटी		पाणी		कणसंकलन (ॲल्युमिनियम हायड्रॉक्साइड)		सल्फ्यूरिक आम्ल

जेव्हा पाण्याचा उद्धनांक ६·५ ते ८·५ असतो त्या वेळी तुरटी वापरून चांगल्या प्रकारे कणसंकलन होते. साधारणतः १५ ते ३० मिलिग्रॅम तुरटी दर लिटर पाण्यात मिसळतात. जर पाणी बरेचसे स्वच्छ असेल तर कमीत कमी ४ मिलिग्रॅम तुरटी दर लिटरला, आणि पाणी फारच गढूळ असेल तर जास्तीत जास्त ७५ मिलिग्रॅम तुरटी दर लिटरला वापरावी लागते. मात्र तुरटी जास्त प्रमाणात वापरल्यास सल्फ्युरिक आम्लता वाढून त्यामुळे पाण्यात सल्फेट कठिणता वाढते.

खालील फायद्यांमुळे कणसंकलनासाठी तुरटीच वापरतात :

(१) स्फटिकाप्रमाणे स्वच्छ पाणी होते; (२) चांगल्या तऱ्हेने कणसंकलन होते; (३) निक्षेपण चांगले होऊन गलंतिका जास्त वेळ कार्यान्वित राहते; (४) स्वाद व वास नाहीसे होतात; (५) तुरटी किंमतीने स्वस्त असते; (६) प्रयोगशाळेत तुरटीचे प्रमाण फार जलद ठरवता येते.

(ब) लोह-क्षार (आयर्न सॉल्टस्) : फेरस सल्फेट ($FeSO_4$, 7 H_2O),फेरिक क्लोराइड ($FeCi_3$), फेरिक सल्फेट [$Fe_2 (SO_4)_3$].

पाण्यात लोहक्षार मिसळल्यावर खालील क्रिया होते :

$FeCl_3$	+	$3H_2O$	=	$Fe(OH)_3$	+	$3H^{+}$	+	$3Cl^{-}$
फेरिक क्लोराइड		पाणी		कणसंकलन		हैड्रोजन		क्लोरिन

कमी तपमान असताना लोहक्षारांमुळे तुरटीपेक्षा जलद कणसंकलन होते. तसेच कणसंकलन घट्ट, जलद निक्षेपण होणारे, आणि सहजासहजी न फुटणारे बनते. पाण्यात नैसर्गिक अल्कता फार असून गढूळताही असल्यास फेरस सल्फेट हा लोहक्षार वापरणे जास्त परिणामकारक ठरते. आणि उद्धनांक ९ च्या आसपास पाण्यातील मग्न काढण्यासाठी फेरिक क्लोराइड किंवा फेरिक सल्फेट जास्त उपयोगी पडते.

(क) क्लोरिनेटेड कॉपराज : फेरिक सल्फेट आणि फेरिक क्लोराइड यांचे हे मिश्रण असते. फेरस सल्फेट द्रवात क्लोरिन मिसळून हे द्रावण तयार होते.

$6\,FeSO_4$	+	$3Cl_2$	=	$2Fe_2$	$(SO_4)_3$	+	$2FeCl_3$
७·८ भाग		१ भाग			क्लोरिनेटेड कॉपराज		

या क्षारामुळे गंजण्याची क्रिया फार जलद होते. चिवट कणांचे संकलन करण्यासाठी व पाण्याचा रंग काढून टाकण्यासाठी या क्षाराचा उपयोग होतो. ६ ते ९ उद्धनांकापर्यंत हा क्षार परिणामकारक असतो.

(ड) सोडियम ॲल्युमिनेट : हे अल्कतामय मिश्रण आहे. पाण्यात गंज निर्माण करण्याचा अवगुण असेल तर हे मिश्रण जास्त उपयोगी पडते. ह्यामुळे जलद कणसंकलन होऊन पाण्यात वेगळे अल्क मिसळावे लागत नाही. तसेच त्यामुळे पाण्याची कायम अफेनदता (कॅलशियम सल्फेटमुळेची) वाढत नाही. परंतु हा क्षार महाग असल्यामुळे सहसा वापरण्यात येत नाही.

मिश्रण :

किलाटक योग्य प्रमाणात पाण्यात टाकल्यावर ते चांगल्या प्रकारे मिसळून त्याचे उत्तम मिश्रण होणे फार जरुरीचे असते. यासाठी ज्या निरनिराळ्या पद्धती वापरतात त्या अशा :

(अ) मिश्रण पाट : मिश्रण पाटात पाणी व किलाटक यांचे चांगले मिश्रण होण्यासाठी एकाडएक तिरप्या पडद्या ठेवतात; त्यामुळे पाण्याचा प्रवाह नागमोडी होतो. प्रवाहाचा वेग दर सेकंदाला १५ ते ३० सें. मी. इतका असतो, त्यामुळे पाटातील पाणी पुढे-मागे पुढे-मागे होत राहून मिश्रण चांगले होते.

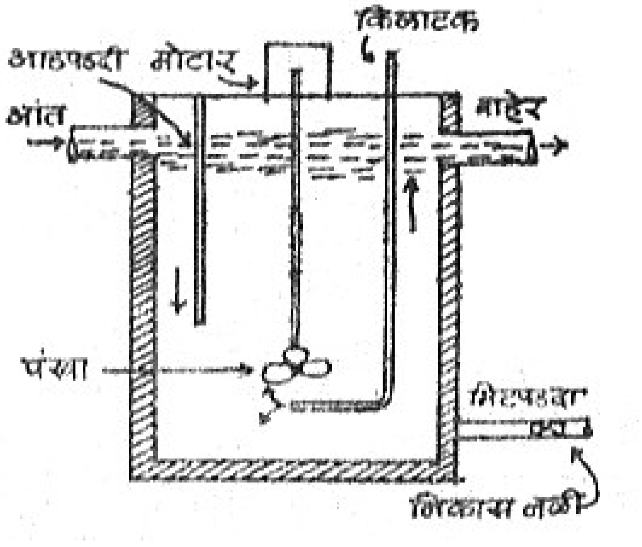
(ब) जल-झेप : ठराविक ठिकाणी पाटाची रुंदी कमी केल्याने आकुंचित पाट तयार होतो; व त्यातच नळाचा उतार वाढविल्याने पाटातून वाहणारे पाणी आकुंचित भागात उसळून झेप घेतलेल्या अवस्थेत असते. पाणी आकुंचित भागापाशी पोहोचण्यापूर्वी किलाटक घातल्यास जलझेपेमुळे त्याचे मिश्रण अधिक चांगले होते. जलझेप योजनेमुळे एरवीच्या मिश्रण-पाटाला लागणारी लांबी बरीच कमी होते.

(क) पंप : पंपातून जाण्यापूर्वी पाण्यात किलाटक टाकल्यास ते पाणी पंपातून जाताना चांगले मिश्रण तयार होऊन किलाटकमिश्रित पाणी पंपाबाहेर येते.

(ड) शीघ्र मिश्रण आणि विचालक तकट मिश्रण : (आकृत्या २३ व २४ पाहा)

शीघ्र मिश्रणासाठी एक वर्तुळाकार टाकी असते. टाकीत मध्यावर रवीप्रमाणे एक पंखा बसविलेला असतो. टाकीत पाणी आल्यावर एका नलिकेवाटे किलाटक घालण्यात येते व पंख्याच्या गतीमुळे पाणी व किलाटक घुसळले जाऊन चांगले मिश्रण तयार होते. घुसळण्याची क्रिया साधारण ३० सेकंद चालते. पाणी टाकीत आल्यावर त्याचे लघुमंडल टाळण्यासाठी जी नलिका पाणी आणते त्या नलिकेच्या तोंडापाशी टाकीत एक आडपडदी बसविलेली असते. शीघ्रमिश्रण टाकीत पाणी आत येण्याचा मार्ग व बाहेर जाण्याचा मार्ग हे दोन्ही वरच्या बाजूस असतात.

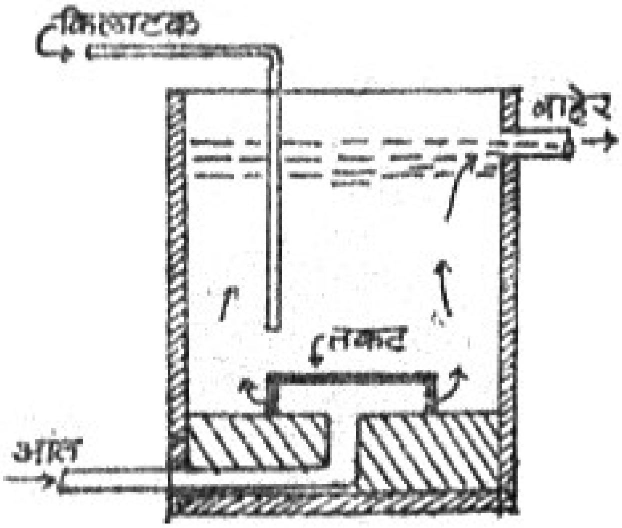
शिघ्र मिश्रण टाकीचा उभा छेद



आकृती २३

अनुक्रमणिका

विचाळक तकट मिश्रण टाकीचा उभा छेद



आकृती २४

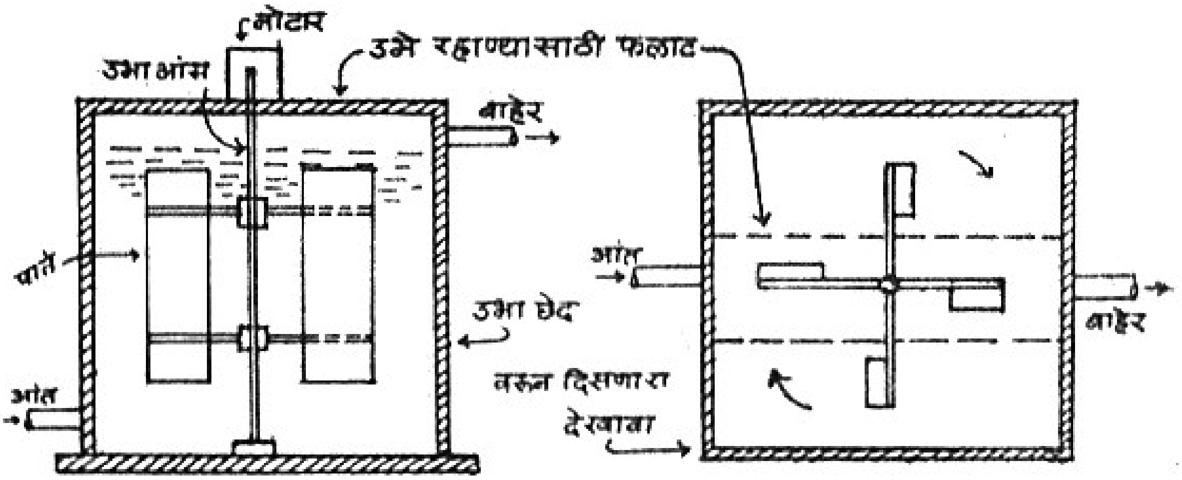
विचालक तकट मिश्रणासाठी टाकीत पाणी आत आणणारी नलिका टाकीच्या बुडाशी बसविलेली असते व नलिकेच्या तोंडावर किंचित अंतरावर एक तकट किंवा तबकडी बसविलेली असते. टाकीच्या वरच्या बाजूकडून एका नलिकेवाटे किलाटक पाण्यात टाकले जाते. पाणी टाकीत येताच तकटामुळे ते सर्व बाजूंस विखुरले जाऊन त्याच वेळी किलाटकाशी संयोग पावून योग्य ते मिश्रण तयार होते. पाणी टाकीबाहेर जाण्याचा मार्ग टाकीच्या वरच्या बाजूस असतो.

कणसंकलन :

पाण्यात किलाटकाचे चांगल्या प्रकारे मिश्रण झाल्यावर ते पाणी कण-संकलकात येते. आइस्क्रिम तयार करण्याच्या भांड्यात ज्याप्रमाणे लाकडी पट्ट्यांचा पंखा असतो, त्याप्रमाणे कणसंकलकात लाकडी किंवा लोखंडी पट्ट्या असलेला एक पंखा असतो. हा पंखा विजेच्या मोटरच्या साहाय्याने मंद गतीने फिरत असतो. त्याचा परिघ-वेग दर सेकंदास ३० ते ६० सें.मी. इतका असतो. कणसंकलकात पाणी ३० ते ६० मिनिटेकालापर्यंत राहते. या कालात पंख्याच्या मंद गतीमुळे सर्व पाणी सावकाशपणे ढवळले जाऊन किलाटक वेष्टित सूक्ष्म कण एकत्र येऊन त्यांचे अनेक लहान लहान समूह तयार होतात; म्हणजेच 'कणसंकलन' होते. कणांच्या समूहांचे वजन जड झाल्याने म्हणजेच प्रत्येक समूहाचे विशिष्टगुरुत्व एकापेक्षा अधिक झाल्याने कणसंकलकातील पाणी निक्षेपण टाकीत घेऊन ते स्थिर राहताच कणसमूहांचे निक्षेपण होते व पाणी स्वच्छ बनते. कणसंकलकातील पंख्याची गती मर्यादितच असावी लागते. कारण गती वाजवीपेक्षा जास्त झाल्यास तयार झालेले कणसमूह फुटतात. एकदा फुटलेल्या कणसमूहातील कण पुन्हा एकत्र येऊन समूह तयार करू शकत नाहीत. (उदा.— जसे ताक करताना लोणी तयार होऊन ते पृष्ठभागावर जमल्यावरही ताक घुसळण्याची क्रिया चालूच ठेवली तर तयार झालेले लोणी फुटते व नाहीसे होते, व मग ताक कितीही घुसळले तरी पुन्हा लोणी तयार होत नाही.)

अनुक्रमणिका

कणसंकलक



आकृती २५

कणसंकलक टाकी वर्तुळाकार असली तर आतील पंख्यांची पाती उभ्या आसाभोवती बसविलेली असतात, आणि टाकी जर आयताकृती असेल तर पाती आडव्या आसाभोवती बसविलेली असतात. पात्यांची योजना करताना एक गोष्ट पाहावी लागते ती म्हणजे, पाती फिरत असताना टाकीतील सर्व भागातील पाणी घुसळले गेले पाहिजे. कोणताही भाग मृतभाग राहता कामा नये.

किलाटन टाकी किंवा निर्मळ टाकी

(Coagulation basins or clarifier) :

कणसंकलनातील पाण्यात कणांचे समूह तयार झाल्यावर ते पाणी निर्मळ किंवा साफ करण्यासाठी किलाटन टाकीत येते. या टाकीत पाणी २ ½ ते ३ तास राहते. त्यामुळे बहुतेक सर्व कणसमूह टाकीतील तळावर बसतात, व साका तयार होतो. वरचेवरचे पाणी निर्मळ किंवा स्वच्छ होऊन ते टाकीबाहेर पडत राहते, व हेच स्वच्छ पाणी त्यातील अतिसूक्ष्म व कलिल पदार्थ बाजूला करण्यासाठी गलंतिकेकडे जाते.

किलाटन टाकी किंवा निर्मळ टाकीची रचना व कार्य सतत प्रवाहित निव्वळ निक्षेपण टाकीप्रमाणेच असते; व बहुधा वर्तुळाकार टाकी (कैन्द्रिक प्रवाह) वापरण्यात येते (आकृती २१ पाहा).

आजकाल एक नवीन प्रकारची टाकी वापरण्यात येते. या टाकीत कणसंकलक मध्यभागी असतो व त्याभोवताली निक्षेपण भाग असतो. अशा एकत्रित टाकीस ‘निक्षेपणादी कणसंकलक’ असे म्हणता येईल. अशा टाकीचे फायदे म्हणजे—

(१) मध्य भागातील कणसंकलन झालेले पाणी सभोवतालच्या निक्षेपण भागात अति मंद वेगाने जाते. त्यामुळे कणसमूहांना धक्का पोहोचत नाही.

(२) कणसंकलन झालेले पाणी निक्षेपण भागात सर्वत्र सारखे विखुरले जाते.

(३) एकत्रित टाक्यांमुळे स्थापत्यकामाचा खर्च बराच कमी येतो.

किलाटक वापरून निक्षेपण केल्याने पाण्यातील गढूळता ५० टक्क्यांनी तरी कमी होते. तसेच जीवजंतूंचे प्रमाणही ५० ते ७० टक्क्यांनी कमी होते. किलाटन टाकीतून बाहेर पडणाऱ्या पाण्यात शिल्लक राहिलेली कलिले, जीवजंतू इत्यादी बाजूला करण्यासाठी ते पाणी गलंतिकेतून नेऊन त्याचे रोगजंतु-विनाशन केले जाते.

अनुक्रमणिका

प्रकरण सातवे

जल-निःस्पंदन किंवा गलंतिका

७-१. निःस्पंदन शास्त्र (Theory of Filtration) :

आजपर्यंतच्या अनुभवावरून असे दिसून आले आहे की, अशुद्ध पाणी जर वाळूच्या थरांतून नेले तर पाण्यातील आलंबित आणि कलिल अशुद्धे वाळूच्या थरात अडकून राहून बाहेर येणारे पाणी शुद्ध असते. याच क्रियेला 'निःस्पंदन क्रिया' म्हणतात. या क्रियेमुळे पाण्याचे रासायनिक गुणधर्म बदलतात व तसेच पाण्यातील जीवजंतूंचे प्रमाण बऱ्याच अंशांनी घटते. निःस्पंदन क्रियेत खालील गोष्टींचा समावेश होतो :

(अ) यांत्रिक गालन, (ब) निक्षेपण, (क) पृष्ठशोषण, (ड) जीवजंतूंची जीवनक्रिया, आणि (इ) विद्युत विघटनादी फरक.

(अ) यांत्रिक गालन :वाळूच्या थरांत कणाकणांमध्ये असंख्य पोकळ्या (पोकळ जागा) असतात. जेव्हा पाणी वाळूच्या थरांतून झिरपू लागते तेव्हा पोकळ्यांच्या आकारापेक्षा मोठ्या आकाराचे आलंबित पदार्थ वाळूच्या थराच्या पृष्ठभागावरच अडकून राहतात व बाकी पाणी तेवढे झिरपून थरांखाली साठते. या क्रियेला यांत्रिक गालन म्हणतात, व त्यामुळे आलंबित कण बाजूला काढता येतात.

(ब) निक्षेपण :वाळूच्या थरात असणाऱ्या पोकळ्या म्हणजे जणू असंख्य लहान निक्षेपणन टाक्याच होत. याच टाक्यांत वाळूच्या कणांच्या बाजूवर सूक्ष्म आलंबित कणांचे निक्षेपण होते. वाळूच्या कणांवर पूर्वी साठलेले जीवजंतू आणि कलिले यांच्यामुळे एक चिकट आवरण तयार झालेले असते. त्यामुळे वाळूचे कण व आलंबित पदार्थांचे कण यांच्यामध्ये भौतिक आकर्षण तयार होऊन निक्षेपण क्रिया जास्त जलद होते.

(क) पृष्ठशोषण :पृष्ठभागाकडे पदार्थ ओढून घेऊन तो तेथेच धरून ठेवणे या क्रियेला 'पृष्ठशोषण' असे म्हणतात. वाळूच्या कणांमध्ये अशीच पृष्ठशोषण शक्ती तयार झाल्याने पाण्यातील कलिल आणि विद्रुत पदार्थांच्या कणांवर पृष्ठशोषण होऊन ही अशुद्धे बाजूला काढली जातात. तसेच १५ ते २५ टक्क्यांपर्यंत पाण्यातील रंग व वास काढून टाकला जातो.

अशा प्रकारे निक्षेपण आणि पृष्ठशोषण यांच्यामुळे पाण्यातील राहिलेले आलंबित पदार्थांचे सूक्ष्म कण, कलिले व जीवजंतू, इत्यादी गोष्टी बाजूला काढल्या जातात.

(ड आणि इ) जीवजंतूंची जीवनक्रिया आणि विद्युत विघटनादी फरक :गलंतिकेतून ज्या वेळीपाणी गाळले जात असते त्या वेळी वाळूच्या थरातील सजीव पेशींची वाढ आणि विद्युत विघटन यांच्या संयुक्त परिणामामुळे पाण्यात रासायनिक क्रिया घडून येतात. वाळूच्या कणांवरील विद्युतभार व पाण्यातील आयनीकरण झालेल्या पदार्थांवरील भार यांच्यामुळे पाण्यातील रासायनिक घटकांत बदल घडतात. या सर्व गोष्टींमुळे गलंतिकेतून गाळून बाहेर आलेले पाणी शुद्ध स्वरूपात असते. कालान्तराने गलंतिकेतील विद्युतभार नाहीसा होतो, आणि हा विद्युतभार पूर्ववत आणण्यासाठी गलंतिका स्वच्छ करणे भाग पडते.

अनुक्रमणिका

सर्वसाधारणपणे गलंतिकेतील गाळण्याची मुख्य क्रिया ही वाळूच्या पृष्ठभागावर व त्यावर साठलेल्या पदार्थांच्या थरांत घडून येते. बाकी क्रिया गलंतिकेत वाळूच्या कणांभोवती जमा झालेल्या चिकट आवरणात घडते. वाळूच्या थराच्या पृष्ठभागावरील थरात प्राणिजन्य चिकट पदार्थात जीवशास्त्रीय क्रिया ठळकपणे घडत असतात. अशा पृष्ठभागावरील थराला जर्मन भाषेत Schmutzdecke (श्मड्झ डेखऽ), किंवा 'घाणेरडी त्वचा' म्हणतात. आणि यावरच मंदगती गलंतिकेचे यशस्वी कार्य अवलंबून असते.

७-२. गलंतिकेचे प्रकार :

मुख्यत्वेकरून गलंतिकेचे दोन प्रकार आहेत :

(१) मंदगती गलंतिका, (२) जलदगती गलंतिका.

जलदगती गलंतिकेचेही दोन प्रकार आहेत : (अ) संकर्षक जलदगती गलंतिका— नेहमी वापरण्यात येणारी. (ब) दाबयुक्त जलदगती गलंतिका— अंथ्राफिल्ट किंवा डायाटोमेशिअस मातीचा थर वापरून केलेली.

वरील गलंतिकेच्या प्रकारात गलंतिकेतून पाणी गाळून येण्याचा दर निरनिराळा असतो. उदा.— मंदगती गलंतिकेच्या बाबतीत दर तासाला दर चौरस मीटरला १०० ते २०० लिटर, जलदगती गलंतिकेच्या बाबतीत दर तासाला दर चौरस मीटरला ५००० ते ७५०० लिटर, तर दाबयुक्त जलदगती गलंतिकेच्या बाबतीत दर तासाला दर चौरस मीटरला १०,००० ते १२,५००० लिटर इतका असतो.

७-३. गलंतिकेतील वाळूचा थर :

गलंतिकेत वापरावयाची वाळू अतिशय स्वच्छ असावी लागते. वाळूत कोणत्याही प्रकारची साधी किंवा चिकणमाती, वनस्पतिजन्य पदार्थ, चुना, सेंद्रिय पदार्थ, अशांसारख्या गोष्टी असता कामा नयेत. तसेच वाळू एकाच दर्जाची वसारख्या प्रकारची व आकाराची असावयास हवी. फार बारीक वाळू वापरल्यास वाळूतील पोकळ्यांत व पृष्ठभागावर पाण्यातील घाण (सूक्ष्म आलंबित कण, कलिले, इत्यादी) अडकून वाळूच्या थरातील पाण्याचा प्रवाह अडला जातो. याउलट जाड वाळू वापरल्यास मोठ्या आकाराच्या पोकळ्या निर्माण होऊन पाण्यातील घाण अडकून न राहता प्रवाहाबरोबरच वाहात राहते. त्यामुळे पाणी शुद्ध होऊ शकत नाही. यासाठी गलंतिकेत वापरावयाच्या वाळूबाबत मुख्यत्वे दोन गोष्टी विचारात घेतात : (१) प्रभावी आकार, (२) एकरूपता गुणांक. प्रभावी आकार म्हणजे वाळूच्या सर्व कणांपैकी १० टक्के कणाच्या आकारापेक्षा (वजनाने) मोठा आकार. उदा.— एका ठराविक आकाराची छिद्रे असलेली चाळणी घेऊन त्यात वाळू ठेवून चाळणी हालविली आणि चाळणीतील एकंदर वाळूच्या कणांपैकी १० टक्के कण चाळले जाऊन चाळणीत ९० टक्के कण उरले, तर या ९० टक्के कणांचा जो आकार (म्हणजेच चाळणीच्या छिद्राचा जो आकार) तो प्रभावी आकार होय. मंदगती गलंतिकेसाठी वाळूच्या कणांचा प्रभावी आकार ०·२५ ते ०·३५ मिलिमीटर, आणि जलदगती गलंतिकेतील वाळूच्या कणांचा प्रभावी आकार ०·३५ ते ०·६० मिलिमीटर असावा लागतो.

अनुक्रमणिका

वाळूची एकरूपता :वर उल्लेखिलेल्या वाळूच्या ९० टक्के कणाचा फक्त कमीत कमी आकार प्रभावी आकाराने दर्शविला जातो. परंतु वास्तविक प्रभावी आकारापासून ते जास्तीत जास्त आकार असलेले कण या ९० टक्के कणांत असतात. पण या कमी-अधिक आकारांची काहीच कल्पना येऊ शकत नाही. म्हणून 'एकरूपता गुणांक' काढून त्यावरून प्रभावी आकारापासून जास्तीत जास्त आकारापर्यंतच्या अंतराची (फरकाची) कल्पना येऊ शकते. एकरूपता गुणांक काढण्याची पद्धत अशी :

एकंदर वाळूच्या कणांपैकी ६० टक्के कणाच्या आकारापेक्षा मोठा आकार (वजनाने) कोणता आहे ते चाळणी वापरून काढावयाचे (म्हणजेच चाळणीतून ६० टक्के कण चाळून निघून गेले पाहिजेत, व चाळणीत ४० टक्के कण उरले पाहिजेत. असे झाल्यावर चाळणीतील छिद्राचा जो आकार तो मोठा आकार होय.) या मोठ्या आकारास प्रभावी आकाराने भागल्यावर जो भागाकार येईल तो एकरूपता गुणांक होय. उदा.— मोठा आकार जर ०·६० मिलिमीटर असेल आणि प्रभावी आकार जर ०·३० मिलिमीटर असेल तर एकरूपता गुणांक

$$= \frac{०·६०}{०·३०} = २.$$

मंदगती गलंतिकेतील वाळूचा एकरूपता गुणांक २ ते ३, आणि जलदगती गलंतिकेतील वाळूचा एकरूपता गुणांक १·२ ते १·७ असावा.

वाळूचा नमुना दिला असता प्रभावी आकार आणि एकरूपता गुणांक कसा काढावयाचा हे पुढे दिलेल्या (उदाहरणार्थ) तक्त्यावरून कळून येईल. वाळू चाळण्यासाठी 'टेलर'च्या चाळण्यांची एक क्रमवार माला वापरतात. या मालेत छिद्रांचाआकार कमी कमी होत गेलेल्या चाळण्या असतात; व अगदी शेवटी छिद्रे नसलेली थाळी असते.

(मंदगती गलंतिकेसाठी वाळूच्या थराची जाडी ६० ते १०० सें.मी. आणि जलदगती गलंतिकेसाठी ६० ते ९० सें.मी. इतकी ठेवतात.)

वाळूच्या नमुन्याचे वजन १००० ग्रॅम

टेलरच्या मालेतील चाळणी क्रमांक	छिद्राचा आकार मि.मी.	चाळणीवर राहिलेल्या वाळूचे वजन ग्रॅम.	चाळणीवर राहिलेल्या वाळूचे संकलित वजन ग्रॅम	संकलित टक्के	सूक्ष्मता टक्के
८	२·३६	०	०	०	१००
१०	१·६५	५८	५८	५·८	९४·२
१४	१·१७	२३७	२९५	२९·५	७०·५
२०	०·८३३	१०७	४०२	४०·२	५९·८
३५	०·४२	३४९	७५१	७५·१	२४·९

अनुक्रमणिका

४८	०·२९	१४०	८९१	८९·१	१०·१
६०	०·२५	३०	९२१	९२·१	७·९
१००	०·१५	२२	९४३	९४·३	५·७
२००	०·०७	४६	९८९	९८·९	१·१
थाळी	—	११	१०००	१००·०	०
	एकूण	१०००			

वरीलतक्त्यात १०·१ टक्के सूक्ष्मतेसाठी ०·२९ मि.मी. छिद्राचा आकार लागतो. हाच प्रभावी आकार होय. आणि ५९·८ टक्के सूक्ष्मतेसाठी ०·८३३ मि.मी. छिद्राचा आकार लागतो. म्हणून एकरूपता गुणांक

$$= \frac{०·८३३}{०·२९} = २·८१.$$

म्हणजेच वरील ०·२९ मि.मी. प्रभावी आकाराची आणि २·८१ एकरूपता गुणांक असलेली वाळू मंदगती गलंतिकेसाठी योग्य आहे.

७-४. मंदगती गलंतिका (Slow sand filter) :

मंदगती गलंतिका ही एक जलबंद टाकी असते, व ती सिमेंट कॉंक्रिट, दगडकाम अगर वीटकामात बांधलेली असते. टाकीच्या तळावर चाळ किंवा २५ ते ५० मि.मी. आकाराच्या दगडी खडीचा थर असतो. या थराखाली गाळलेले पाणीजमा करण्याकरिता तळ गटारे असतात. खडीच्या थराच्यावर वाळूचा थर असतो. वाळूच्या थराची जाडी १ ते १·५ मीटरपर्यंत असते, तर खडीच्या थराची जाडी १५ ते ३० सें. मी. पर्यंत असते. टाकीच्या भिंतींपाशी सर्व बाजूंना तळापर्यंत वाळूच ठेवणे इष्ट असते. वाळू दोन किंवा तीन थरांत पसरतात. वाळू जर एकसारखी नसेल तर बारीक वाळू पृष्ठभागावर पसरतात.

७-५. मंदगती गलंतिकेची कार्यपद्धती :

(१) तळ-गटारे :गलंतिकेतील वाळू व खडीच्या थरातून गाळले गेलेले पाणी जमा करण्यासाठी गलंतिकेच्या तळावर तळगटारे असतात. गलंतिकेच्या लांबीला समान्तर असे मध्यावर एक मुख्य गटार असते, व मुख्य गटारास काटकोनात २·४ ते ३ मीटर अंतरा-अंतरावर उपगटारे असतात. उपगटारे ही १५० ते २०० मि.मी. छिद्रित नलिकांची किंवा अर्धवर्तुळाकार कौले किंवा समान क्षमतेच्या पोकळ ठोकळ्यांची केलेली असतात. भिंतीपासून साधारणतः ४५ ते ७५ सें. मी. अंतरावर उपगटारे थांबवितात. गटारातील जोड मोकळे ठेवलेले असतात.

(२) गलंतिकेचे कार्य :निक्षेपण टाकीकडून निक्षेपण होऊन येणारे पाणी गलंतिकेतील वाळूच्या पृष्ठभागावर आणून सोडले जाते. पृष्ठभागावर पाण्याची उंची १ ते १·५ मीटर पर्यंत राहते. मंदगती गलंतिकेने पाणी शुद्ध करावयाचे असेल तर त्यापूर्वीच्या निक्षेपण प्रक्रियेकरिता कोणतेही किलाटक वापरलेले असता कामा नये. कारण किलाटक वापरल्याने तयार होणारा जास्त साका गलंतिकेतील

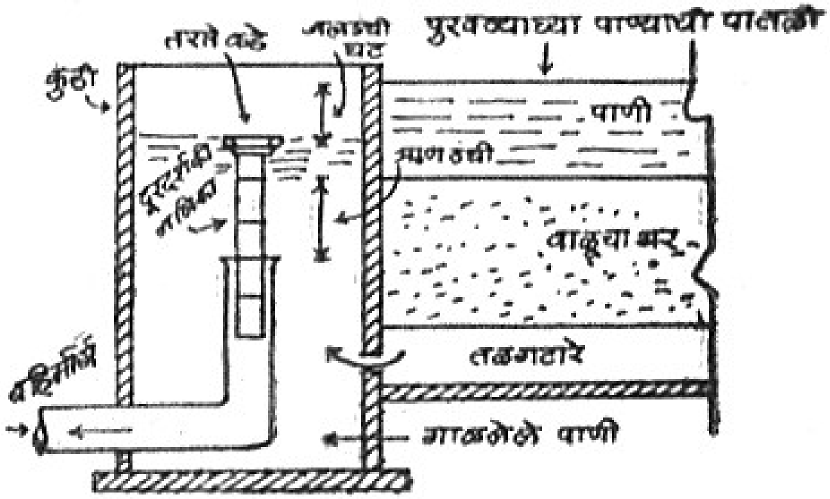
अनुक्रमणिका

वाळूच्या पृष्ठभागावर साचत राहून पाणी गाळले जाण्याची क्रिया खंडित होईल व त्यामुळे खर्च वाढेल. तसेच वाळूच्या पृष्ठभागावरील पाण्याची उंची जास्त असता कामा नये. कारण तसे झाल्यास वाळू पाण्याच्या वजनाने दाबली जाऊन थरांतील पाण्याच्या प्रवाहाला अडथळा निर्माण होईल. तसेच पाण्याची उंची फार कमी असूनही चालत नाही. कारण तसे झाल्यास वारा किंवा आत येणाऱ्या पाण्यामुळे निर्माण होणाऱ्या लाटा, पृष्ठभागावरील झोत, इत्यादी गोष्टींमुळे वाळूचा पृष्ठभाग विघटित होईल. गलंतिकेतून होणाऱ्या पाण्याच्या झिरप्याचा दर प्रत्येक तासाला दर चौरस मीटरला २०० लिटरपर्यंत असतो. गलंतिकेतून झिरपून बाहेर पडणारे पाणी एका कुंडीत येऊन पडते व तेथून ते भूमिगत टाकीत साठविले जाते. गलंतिकेतील पाण्याच्या उंचीपेक्षा बाहेरील कुंडीतील पाण्याची उंची कमी राहते; या दोन उंचींतील फरकास 'जल-उंची घट' असे म्हणतात. जसजशी गलंतिका कार्यान्वित राहील तसतशी जलउंचीतील घट वाढत वाढत जाईल. याचे कारण गलंतिकेतील वाळूच्या थरातील पोकळ्या पाण्यातील आलंबित कण, कलिले, जीवजंतू, इत्यादी गोष्टींनी हळूहळू भरत जातील, व त्यामुळे पाण्याच्या प्रवाहास जास्त जास्त अडथळा वाढत जाईल तसतशी जलउंची घट वाढत जाईल. कोणत्याही परिस्थितीत ही घट गलंतिकेतील पाण्याच्याउंचीपेक्षा जास्त होता कामा नये. तसे होण्यापूर्वीच गलंतिका स्वच्छ करण्याची जबाबदारी घ्यावयास पाहिजे. गलंतिका स्वच्छ केल्यावर जलउंची घट साधारण १५ सें.मी. इतकी राहिली तरी चालेल. मंदगती गलंतिका अंदाजे २ ते ३ महिन्यांनी एकदा स्वच्छ करावी लागते.

(३) **गलंतिकेत आत येणाऱ्या आणि बाहेर जाणाऱ्या पाण्याचे नियंत्रण :**मंदगती गलंतिकेतील वाळूच्या पृष्ठभागावरील पाण्याची उंची नियंत्रित राहण्यासाठी गलंतिकेत येणाऱ्या पाण्याचे नियंत्रण करणे आवश्यक असते. तसेच गलंतिकेतून गाळून बाहेर पडणाऱ्या पाण्याचेही नियंत्रण करणे आवश्यक असते. गलंतिकेतील वाळूच्या थरांच्या पोकळ्यांमध्ये अशुद्ध पाण्यातील घाण जसजशी साठू लागेल तसतसे गलंतिकेतून बाहेर पडणाऱ्या पाण्याचे परिमाण कमी कमी होईल. परंतुहे परिमाण कायम राहणे आवश्यक असते. तेव्हा यासाठी बहिर्मार्ग नियंत्रक वापरण्यात येतो. आकृती २६ पाहा. बहिर्मार्गनियंत्रक गलंतिकेबाहेरील कुंडीत बसविलेला असतो. नलिकेचे लहान लहान तुकडे एकमेकांत बसवून दूरदर्शकी नलिका तयार केलेली असते. त्यामुळे नलिकेची एकूण लांबी कमी अगर पूर्ववत होऊ शकते. या नलिकेच्या वरच्या बाजूच्या तोंडावर एक तरते कडे बसविलेले असते. नलिकेची खालची बाजू बहिर्मार्ग नलिकेत बसविलेली असते. कुंडीतील गाळलेल्या पाण्याची पातळी कमी अगर जास्त झाल्यास त्याबरोबरच तरते कडे खाली किंवा वर होते व ही क्रिया दूरदर्शकी नलिकेमुळे होऊ शकते. तरते कडे व दूरदर्शकी नलिकेचे वरचे तोंड यांत एक कायम वर्तुळाकार फट ठेवली असल्याने त्या फटीतून बाहेर जाणाऱ्या गाळलेल्या पाण्याचे परिमाण कायम राहते. ही फट वर्तुळाकार वीरकाचे कार्य करते.

अनुक्रमणिका

मंदगती गलंतिकेचा बहिर्मार्ग नियंत्रकासह उभा छेद



आकृती २६

(४) **गलंतिकेची स्वच्छता :**जल-उंची घट ठराविक मर्यादेपर्यंत पोहोचल्यावर गलंतिका स्वच्छ करणे भाग पडते. यासाठी प्रथम गलंतिकेतील सर्व पाणी काढून घेतात व मग वाळूच्या थरांची ६ ते २५ मिलिमीटर खोलीची पृष्ठभागाची बारीक वाळू रुंद फावड्याने गोळा करून गलंतिकेबाहेर काढतात. ही पृष्ठभागाची वाळू स्वच्छ पाण्याने धुतात आणि मग पुन्हा पूर्वीच्या जागी गलंतिकेत पसरतात. पृष्ठभागाची वाळू काढल्यावर बाकीचा थर स्वच्छ करावयाचा असल्यास गलंतिकेत तळ-गटारातून स्वच्छ पाण्याचा उलट प्रवाह (खालून वर) सोडतात; त्यामुळे वाळूच्या पोकळ्यांत साठलेली घाण पाण्याच्या उलट प्रवाहाबरोबर गलंतिकेबाहेर काढणे शक्य होते. उलट प्रवाहाचे पाणी वाळूच्या थराबाहेर स्वच्छ येऊ लागले म्हणजे सर्व घाण निघून गेली असे समजावे व उलट प्रवाह बंद करावा. त्यानंतर वाळूच्या पृष्ठभागावरील स्वच्छ केलेली बारीक वाळू परत पहिल्या जागी पसरावी. गलंतिका स्वच्छ झाल्यावर निक्षेपण टाकीकडून येणारे पाणी पुन्हा आत घेऊन गलंतिकेचे कार्य पूर्ववत सुरू करावे.

(५) मंदगती गलंतिकेची कार्यक्षमता : ज्या पाण्याची गढूळता ५० भाग प्रति दशलक्षापर्यंत आहे असे पाणी मंदगती गलंतिकेतून चांगल्या प्रकारे स्वच्छ होऊ शकते. तसेच अशा पाण्यातील ९८ ते ९९ टक्के जीवजंतू मंदगती गलंतिकेमुळे बाजूला काढता येतात. राहिलेल्या जीवजंतूंसाठी अर्थातच रोगजंतू विनाशन करणे इष्ट असते. निक्षेपण टाकीत जे आलंबित पदार्थाचे कण निवळून खाली बसू शकत नाहीत असे कण मंदगती गलंतिकेत बाजूला काढले जातात. तसेच काही प्रमाणात पाण्याचा वास व स्वादही नाहीसा होतो.

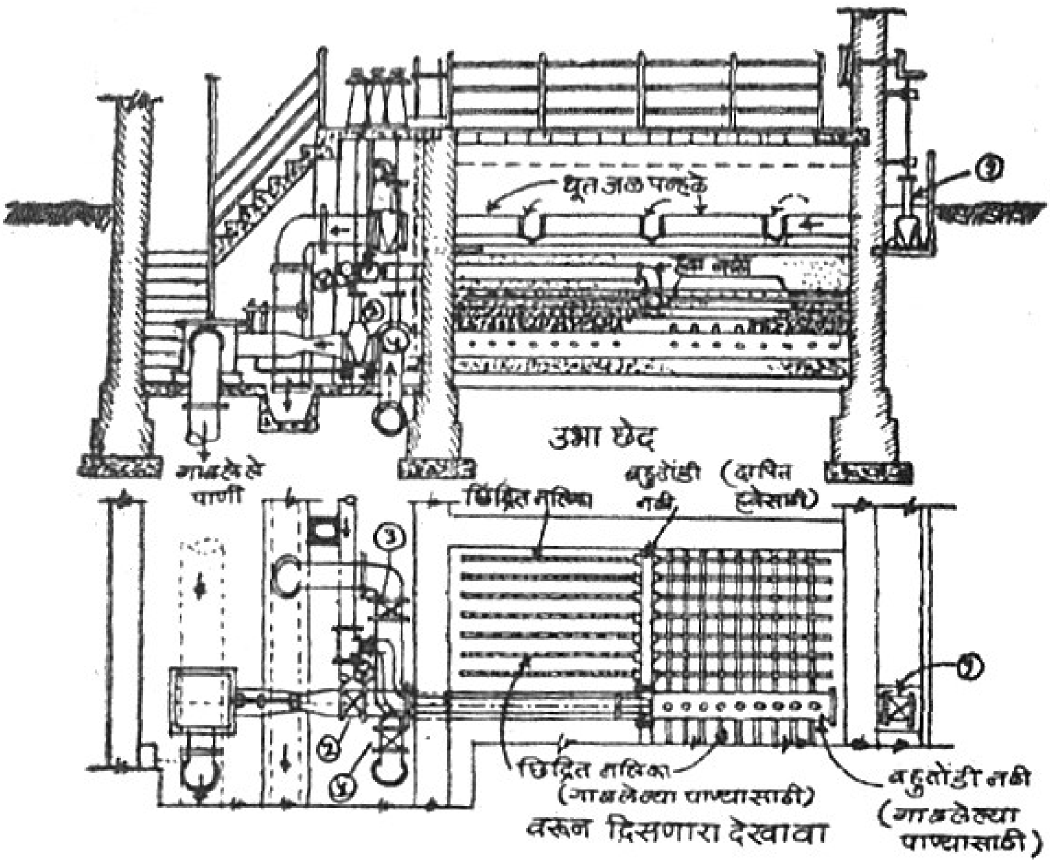
७-६. जलदगती गलंतिका (संकर्षक प्रकारची) (Rapid sand filter gravity type) : आकृती २७ पाहा.

संकर्षक प्रकारची जलदगती गलंतिका ही मंदगती गलंतिकेप्रमाणेच एक जलबंद टाकी असते. १५ ते ३० सें. मी. जाडीच्या चाळ किंवा खडीच्या थरावर ६० ते ९० सें. मी. जाडीचा वाळूचा थर जलदगती गलंतिकेत असतो. चाळाच्या थराखाली तळ-गटारे नलिकांच्या स्वरूपात असतात व या सर्व गटारांतील पाणी एका बहिर्मार्गावाटे बाहेर येते. बाहेर पडणाऱ्या पाण्याचे परिमाण कायम राहण्यासाठी बहिर्मार्गावर परिमाण (दर) नियंत्रक बसविलेला असतो. गलंतिकेतील वाळूच्या पृष्ठभागावर धूतजल पन्हळे बसविलेली

अनुक्रमणिका

असतात. निक्षेपण टाकीकडून येणारे पाणी प्रथम धूतजल पन्हळांमध्ये येऊन ते ओसंडून वाळूच्या पृष्ठभागावर पडते. हळूहळू पाण्याची उंची वाढत जाऊन धूतजल पन्हळे पाण्यात बुडलेली राहतात. कार्यान्वित गलंतिकेत पाण्याची पन्हळांच्यावरील उंची १ ते १·५ मीटरपर्यंत असते. ज्या वेळी गलंतिका धुण्याचे किंवा स्वच्छ करण्याचे कार्य सुरू होते त्या वेळी वाळूचे घनफळ मूळ घनफळाच्या १५० टक्के तरी वाढते, आणि म्हणून वाळूचा पृष्ठभाग मुख्य धूतजल पन्हळाच्या तळाच्या खाली ५ ते ८ सें. मी. अंतरावर ठेवलेला असतो. गलंतिका स्वच्छ करण्यासाठी प्रथम गलंतिकेतील सर्व पाणी काढून टाकतात. नंतर तळ-गटारातून चाळ आणि वाळू यांच्या थरांमधून स्वच्छ पाण्याचा उलट प्रवाह चालू करतात. याउलट प्रवाहामुळे वाळूतील पोकळ्यांमध्ये साचलेली घाण पाण्यावाटे धूतजल पन्हळात घाण-पाण्याच्या रूपाने एकत्रित केली जाऊन हे घाण पाणी गलंतिकेबाहेर पाठविले जाते. या बहिर्मार्गावर एक मिट पडदा बसविलेला असतोच. काही गलंतिकेच्या बाबतीत वाळू स्वच्छ करण्यासाठी दाबयुक्त हवा व स्वच्छ पाणी अशा दोहोंचा वापर करतात. दाबयुक्त हवेसाठी वेगळे नलिकांचे जाळे गलंतिकेतील तळाशी बसविलेले असते. जलदगती गलंतिकेच्या साहाय्याने पाणी स्वच्छ करण्यासाठी किलाटन टाकीतून निक्षेपण होऊन बाहेर पडणारे पाणीच वापरावे लागते. तसे न केल्यास गलंतिकेच्या कार्याला मर्यादा पडते. कारण वाळूच्या पोकळ्यांत लवकर घाण साठते, व त्यामुळे वाळूच्या थरातील पाण्याचा मार्ग अडविला जातो.

जलदगती नलंतिका



(१) अंतर्मार्ग मिट पडदा (२) बहिर्मार्ग मिटपडदा (गाळलेल्या पाण्यासाठी) (३) घाण पाण्यासाठी मिटपडदा (४) दापित हवेसाठी मिटपडदा (५) धूत जळासाठी मिटपडदा

आकृती २७

जलदगती गलंतिकेची क्षमता :

गलंतिकेची क्षमता तीन गोष्टींवर अवलंबून राहते :

(१) पाण्याचा सरासरी मागणीचा दर, (२) मागणीच्या दरातील चढउतार, (३) स्वच्छ पाणी साठविण्याची केलेली तरतूद.

अग्निशमनासाठीही योग्य त्या साठ्याची तरतूद करून ठेवावी लागते. अशी तरतूद गावाला ज्या उंच टाकीतून पाणी पुरविले जाते त्या टाकीतच करण्याची पद्धत आहे. गलंतिकेतून बाहेर येणारे स्वच्छ पाणी ज्या भूमिगत टाकीत साठवितात त्या टाकीची क्षमता सर्वसाधारणपणे तीन तासांना लागणाऱ्या पाण्याच्या सरासरी खर्चाइतकी असते. अशी टाकी गलंतिकेच्या जवळच बांधावयाची झाल्यास तिची खोली वाढते व त्यामुळे बांधकामाचा खर्चही वाढतो. टाकीचा आकार जर लहान ठेवला तर वापरण्यासाठी लागणारे जास्तीत जास्त पाणी सामावू शकेल इतका मोठा आकार गलंतिकेचा ठेवावा लागतो. तेव्हा यासाठी एकापेक्षा अधिक गलंतिका बांधणे भाग पडते.

मोठ्या गलंतिका सर्वसाधारणपणे ५·४ मीटर रुंद आणि ६ मीटर लांब बांधतात व त्या २४ तास कार्यान्वित ठेवतात. लहान गलंतिकेचा आकार २·७ मी. × ३ मी. पासून ३·६ मी. × ५·४ मी. पर्यंत असतो; आणि त्या दिवसातील ८ ते १२ तासपर्यंत कार्यान्वित ठेवतात. सर्वसाधारणपणे गलंतिकेची प्रतिदिनी क्षमता १·१, २·२, किंवा ४·५ दशलक्ष लिटर इतकी असते. गलंतिकेची लांबी आणि रुंदी यांचे गुणोत्तर १·२५ पासून १·३३ पर्यंत असावे. लहान गलंतिकेची कमीत कमी क्षमता पाण्याच्या सरासरी मागणीच्या दुप्पट किंवा तिप्पट असावी. गलंतिकेची एकूण कमीत-कमी खोली ३ ते ४ मीटर तरी असावी लागते, ती अशी :

तळ-गटाराच्या रचनेची उंची :	४५ ते ६० सें. मी.
चाळ आणि वाळू यांच्या थरांची एकूण जाडी :	१ ते १·२ मी.
वाळूच्या पृष्ठभागावरील पाण्याची उंची :	१ ते १·५ मी.
पाण्याच्या पृष्ठभागावरील मोकांश :	३० ते ४५ सें. मी.

गलंतिकेतून पाणी गाळले जाण्याचा दर प्रत्येक मिनिटाला, प्रत्येक चौरस मीटर क्षेत्रफळाला, १०० लिटर असतो. कमीत कमी **तीन** लहान गलंतिका तरी असाव्यात.

७-७. जलदगती गलंतिकेची कार्यपद्धती :

(१) धूतजल पन्हळे : (Wash water gutters or troughs)

धूतजल पन्हळे कॉंक्रिटची, लोखंडाची किंवा पोलादाची बनविलेली असतात. गलंतिकेच्या पृष्ठभागावरील घाण पाणी धूतजल पन्हळापाशी पोहोचेपर्यंत पाणी वाहण्याचे आडवे अंतर एका मीटरपेक्षा कमी असावे. यासाठी लगोलगच्या दोन पन्हळांच्याकडांमधील अंतर १३५ ते १८० सें. मी. ठेवावे लागते. धूतजल पन्हळांच्या जागा ठरवण्यासाठी गलंतिकेच्या एकूण रुंदीत प्रत्येकी १८० सें. मी. रुंदीच्या पट्ट्या

कल्पून प्रत्येक पट्टीच्या मध्यावर एक पन्हळ याप्रमाणे योजना करतात. प्रत्येक पन्हळाच्या बाजूंचा माथा वाळूच्या थराच्या पृष्ठभागावर ४५ ते ७५ सें. मी. अंतरावर पाहिजे, आणि पन्हळाचा तळ वाळूच्या थराच्या पृष्ठभागापासून ५ सें. मी. अंतरावर पाहिजे. गलंतिका धूत असताना घाण पाणी प्रथम पन्हळात जमा होऊन तेथून ते मध्यावरील मुख्य पन्हळात जाते व शेवटी गलंतिकेबाहेर घाण पाण्याच्या पाटात जाऊन पडते. घाण पाणी जमा होऊन त्याच्या व्यवस्थित निकालासाठी गलंतिकेतील पन्हळांना योग्य तो उतार द्यावा लागतो.

(२) **गलंतिकेतील वाळूचा थर** (आकार व जाडी) : गलंतिकेतील तळ-गटार रचनेवर २२ ते ४५ सें. मी. जाडीचा चाळाचा थर असतो. चाळाचा आकार वरच्या बाजूस ३ मि. मी. व खालच्या बाजूस २७ मि. मी. असतो. चाळाचा आकार व थराची जाडी गलंतिका धुण्यासाठी वापरण्यात येणाऱ्या पाण्याच्या दाबावर अवलंबून असते. चाळाच्या थरामुळे गलंतिकेतील वाळूचे कण तळ-गटारात जाऊ शकत नाहीत. तसेच या थरामुळे गलंतिका धुण्यासाठी वापरावयाचे पाणी सर्वत्र सारखे पसरविले जाते.

वाळूचा थर चाळाच्या थरावर असतो. जाड्या वाळूचा थर बारीक वाळूच्या थरापेक्षा जाड (जास्त उंचीचा) असावा. जाड्या वाळूमुळे गलंतिकेतून गाळल्या जाणाऱ्या पाण्याचा दर जास्त राहील, परंतु जीवजंतू नाहीसे करण्याचे प्रमाण कमी राहील. वाळूचा प्रभावी आकार ०·३५ ते ०·६० मि. मी. आणि एकरूपता गुणांक १·२ ते १·७ पर्यंत असावा लागतो. वाळूचा आकार शक्य तो असा असावा की, पाण्यातील जास्तीत जास्त साका वाळूच्या पृष्ठभागावर अडून राहील; पोकळ्यांमध्ये जाणार नाही. तसेच गलंतिका धुण्याच्या वेळी अडचणी निर्माण करणार नाहीत, आणि गलंतिकेचे पाणी गाळण्याचे कार्य पुष्कळ वेळ चालू शकेल. तसेच गलंतिका धूत असताना पाण्यातील अशुद्धाचे कण वाळूच्या कणांना चिकटून बसणार नाहीत. कारण अशुद्धांचे कण चिकटून राहू लागल्यास धूतजलाचा दाब वाढवावा लागेल, आणि त्यामुळे अशुद्धांच्या कणांबरोबर वाळूचे कणही निघून जाण्याची भीती उत्पन्न होईल. अति बारीक नाही आणि अति जाड नाही अशा मध्यम आकाराच्या वाळूमुळे खालील फायदे मिळू शकतील :

(अ) दोन धुण्यांमधील गलंतिकेचे कार्य जास्त वेळ चालू शकेल.

(ब) वाळूचे कण चांगल्या प्रकारे स्वच्छ धुतले जाऊ शकतील.

(क) गलंतिकेत तयार होणाऱ्या घाणीपासूनच्या मातीच्या गोळ्यांचा आकार आणि संख्या कमी राहील.

(ड) वाळू वारंवार काढून धुवावी लागणार नाही.

(३) **तळ-गटारांचे प्रकार :**तळ-गटारी योजनेमुळे गलंतिकेतील वाळूच्या थरांतून गाळले गेलेले पाणी एकत्रित होऊन ते गलंतिकेबाहेर आणले जाते. तसेच तळ-गटारांमुळे धूतजल वाळूच्या थराच्या खालच्या बाजूस सर्वत्र सारखे पसरले जाते. त्यामुळे वाळूस धक्का न पोहोचता वाळूतील पोकळ्यांत अडकलेली घाण बाहेर काढली जाते व गलंतिका स्वच्छ होते. तळगटारांचे खालील प्रकार नित्य वापरात आहेत :

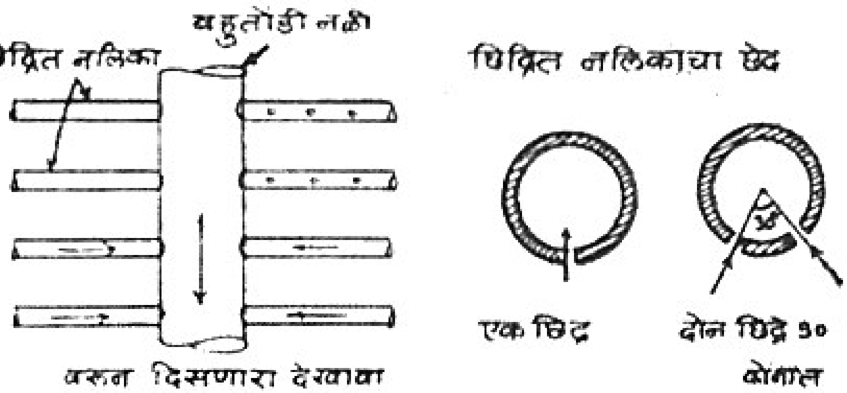
अनुक्रमणिका

(अ) छिद्रित नलिकांची तळ-गटारे (आकृती २८ पाहा).

(ब) छिद्रित तकटांचा तळ (आकृती २९ पाहा).

वरील दोन प्रकारांपैकी पहिला प्रकार : (अ) छिद्रित नलिकांची तळ-गटारे सर्वत्र वापरला जातो. या प्रकारात एका बहुतोंडी नळीला लहान छिद्रित नलिका जोडलेल्या असतात. नलिकेतील छिद्रांचे तोंड गलंतिकेच्या तळाच्या दिशेला असते. यामुळे धूतजल छिद्रांतून खालून वर येते, व धूतजलाचा दाब जास्त राहिला तरी नलिकांवरील वाळूच्या थरात दाबामुळे फटी निर्माण होत नाहीत. काही वेळा नलिकेत छिद्रे एकमेकांना ३०° ते ६०° चा कोन करून पाडलेली असतात व त्यांचीही तोंडे तळाच्या बाजूस असतात. नलिकेतील छिद्रांचे तोंड गलंतिकेतील तळाच्या विरुद्धदिशेला म्हणजेच पृष्ठभागाकडे तोंड करून ठेवावयाचे झाल्यास प्रत्येक छिद्रावर एक याप्रमाणे 'गाळणी' (स्ट्रेनर) बसवावा लागतो, व त्यामुळे खर्च वाढतो.

छिद्रित नलिकांची तळगटारे

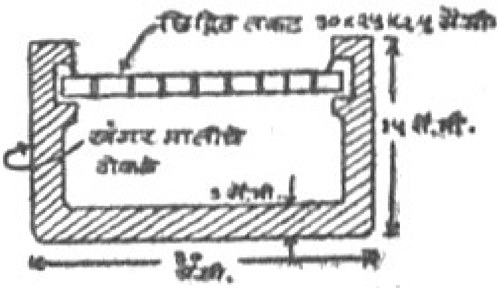


आकृती २८

दुसरा प्रकार : (ब) छिद्रित तकटाच्या तळांबाबत प्रमुख गोष्ट म्हणजे तकटावर एकदम वाळूचाच थर ठेवलेला असतो. चाळाचा थर अजिबात नसतोच. छिद्रित तकटाच्या तळांमुळे गलंतिका कार्यान्वित ठेवण्याचा खर्च कमी येतो. तसेच अशा तळामुळे वाळूच्या थराच्या पोकळ्यांत हवेचे बुडबुडे बांधले जाणे, धूतजल सर्वत्र सारखे पसरले न जाणे इत्यादी गोष्टी टाळल्या जातात. छिद्रित तकटे वापरलेल्या गलंतिकेचा खालील गोष्टींसाठीही चांगला उपयोग होतो.

अनुक्रमणिका

छिद्रित तकटांचा तळ



आकृती २९

(अ) साक्याच्या स्वरूपातील आयर्न किंवा मँगेनीझ हायड्रॉक्साइड बाजूला काढणे; (ब) कमी गढुळता असलेले पाणी गाळण्यासाठी (पोहोण्याच्या तलावातील पाणी स्वच्छ करण्यासाठी; (क) पाण्याचे फेनदीकरण करण्यासाठी वापराव्या लागणाऱ्या गारगोट्यांच्या (झिओलाइट) थराला आधार देण्यासाठी.

(४) तळ-गटारांची योजना :बहुतोंडी नळी व छिद्रित नलिका यांचे आकार ठरवताना खालील गोष्टी विचारात घ्याव्या लागतात :

(अ) नलिकेच्याछिद्रांच्या तोंडाशी धूतजलाचा दाब दर चौरस सेंटिमीटरला एक किलोग्रॅमपेक्षा जास्त असता कामा नये. तसेच नलिकेतून वाहणाऱ्या पाण्याचा वेग दर सेकंदाला २ मीटरपेक्षा जास्त असू नये.

(ब) छिद्रित नलिकांच्या मध्यापासून मध्यापर्यंतचे अंतर १५ ते ३० सें. मी. पर्यंत असावे.

(क) छिद्रित नलिकेची जास्तीत जास्त लांबी तिच्या व्यासाच्या ६० पट इतकीच असावी.

(ड) नलिकेतील छिद्रांचा व्यास ६ ते १२ मि. मी. इतका असावा.

(इ) ६ मि. मी. व्यासाच्या छिद्रांमधील अंतर ७·५ सें. मी. आणि १२ मि. मी. व्यासाच्या छिद्रांमधील अंतर २० सें. मी. इतके असावे.

(फ) सर्व छिद्रांचे क्षेत्रफळ गलंतिकेच्या क्षेत्रफळाच्या ०·३ ते ०·५ टक्के असावे.

(ग) सर्व छिद्रित नलिकांच्या छेदाचे क्षेत्रफळ त्यातील १२ मि. मी. व्यासाच्या छिद्रांच्या क्षेत्रफळाच्या दुप्पटीपासून ते ६ मि. मी. व्यासाच्या छिद्रांच्या क्षेत्रफळाच्या चौपटीपर्यंत असावे.

(ह) छिद्रित नलिकांना पाणी पुरविणाऱ्या बहुतोंडी नळीच्या छेदाचे क्षेत्रफळ छिद्रित नलिकांच्या क्षेत्रफळाच्या १·७५ ते २·० पट असावे.

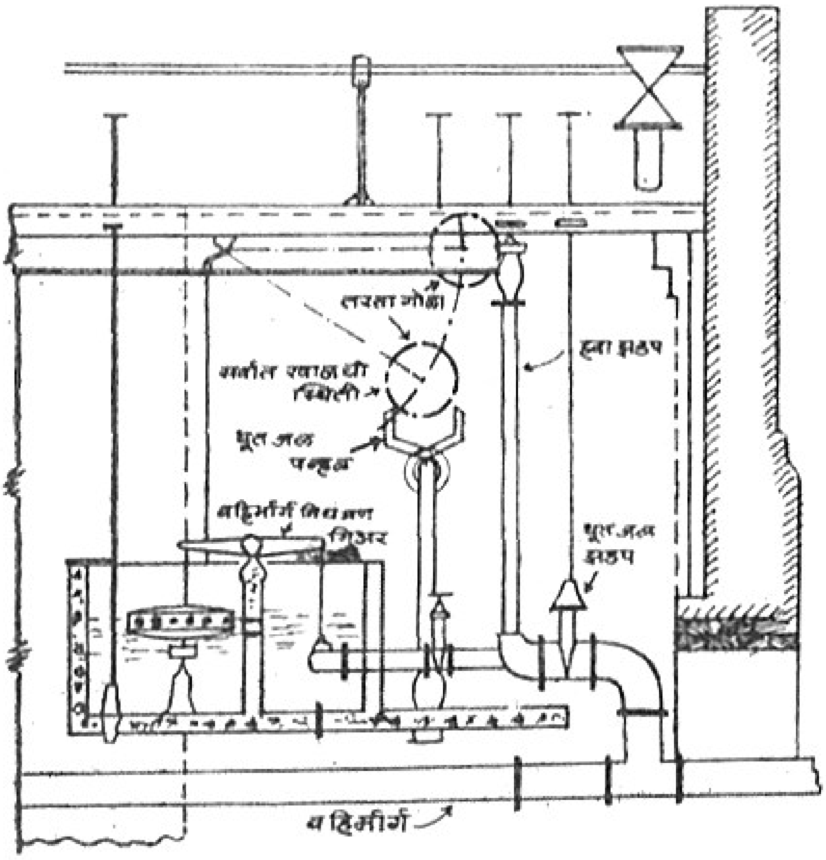
(५) गलंतिका धुण्यासाठी दापित हवा (Compressed air for washing) : गलंतिका बराच वेळ कार्यान्वित राहिल्यानंतर अशुद्ध पाण्यातील घाण वाळूच्या पृष्ठभागावर आणि पोकळ्यांमध्ये साठत जाऊन गलंतिकेतून गाळल्या जाणाऱ्या पाण्याच्या परिमाणावर (दारावर) परिणाम होऊन गाळून बाहेर पडणारे पाणी कमी कमी होऊ लागते. अशा वेळी गलंतिका पूर्वस्थितीत आणण्यासाठी वाळू धुवून स्वच्छ करावी लागते. धुण्याच्या क्रियेसाठी धूत-जलाचा प्रवाह तळ-गटाराकडून पृष्ठभागाकडे सुरू करण्यापूर्वी दापित हवेचा प्रवाह सुरू करतात व तो ४ ते ५ मिनिटांपर्यंत ठेवतात. दापित हवेमुळे वाळूच्या कणांना चिकटलेले घाणीचे कण सुटे होतात; तसेच दापित हवेमुळे वाळूचे कण हालविले गेल्याने एकमेकांपासून थोडे अलग होतात व त्यामुळे पोकळ्यांमध्ये अडकलेली घाण मोकळी होते. दापित हवेचा प्रवाह चालू असताना वाळूच्या पृष्ठभागावर असंख्य बुडबुडे दिसतात. ४ ते ५ मिनिटांनंतर दापित हवेचा प्रवाह बंद करून धूतजलाचा प्रवाह सुरू करतात. या वेळी धूत-प्रवाहाबरोबर वाळूतील सर्व घाण पृष्ठभागावरील धूत-जल पन्हळात घाण पाण्याच्या रूपाने जमा होऊन ती गलंतिकेबाहेर नेली जाते.

दापित हवेचा प्रवाह तळ गटारातील छिद्रित नलिका आणि बहुतोंडी नळी यातूनच सोडला तरी चालतो. परंतु जास्त चांगली गोष्ट म्हणजे दापित हवेच्या प्रवाहासाठी गलंतिकेत नलिकांचे एक वेगळे जाळे ठेवणे. हे जाळे तळ-गटार योजनेच्या थोडे वर ठेवावे लागते. २ मि. मी. व्यासाची छिद्रे १५ सें. मी. अंतरावर असलेल्या पितळी नलिका दापित हवेच्या नलिकांच्या जाळ्यासाठी वापरणे सर्वांत चांगले. या नलिका एकमेकींपासून १५ सें. मी. अंतरावर असाव्यात. दापित हवेचा दाब गलंतिकेतील पाण्याच्या नेहमीच्या उंचीच्या दाबापेक्षा थोडा जास्त असावा. पाण्याची उंची १·५ मीटर असेल तर हवेचा दाब दर चौरस सेंटिमीटरला ०·१५ किलोग्रॅमपेक्षा थोडा जास्त पाहिजे. फार जास्त दाबामुळे मात्र वाळूचे आणि चाळाचे थर विस्कळित होतील. धुण्याच्या क्रियेसाठी दापित हवेचा दर गलंतिकेच्या पृष्ठभागाच्या दर चौरस मीटरला दर मिनिटाला १ ते १·५ घनमीटर इतका ५ मिनिटांच्या कालावधीपर्यंत लागेल. दापित हवा आणि धूत-जल एकाच वेळी वापरणे धोक्याचे आहे; कारण असे करण्याने बारीक वाळूच वाहून जाईल.

(६) गाळलेल्या पाण्याची पेटी (तपासणी पेटी) : गलंतिकेत गाळले गेलेले पाणी तळ-गटार योजनेने एकत्रित केल्यावर ते गलंतिकेबाहेरील गाळलेल्या पाण्याच्या पेटीत येत राहते व तेथूनच ते भूमिगत शुद्ध पाण्याच्या टाकीकडे जाते. गाळलेल्या पाण्याच्या पेटीत एक तरती झडप असते, आणि एका निकोच वीरक पद्धतीने जलपरिमाण मापनाची सोय केलेली असते. त्यामुळे गलंतिकेतून किती पाणी गाळून होत आहे ते कळते (आकृती ३० पाहा).

अनुक्रमणिका

तपासणी पेटीचा छेद (बहिर्मार्ग नियंत्रण गिअरसह)



आकृती ३०

(७) गलंतिकेच्या कार्यासाठी लागणारे नळ आणि मिट-पडदे : गलंतिकेच्या कार्यासाठी लागणारे सर्व नळ आणि त्यावरील मिट-पडदे 'नळसज्ञा'त बसविलेले असतात. हा नळसज्ञा गलंतिकेच्या पृष्ठभागालगतच्या फलाटाच्या बरोबर खाली सज्ञाच्या स्वरूपात असतो. जर दोन गलंतिका एकमेकींकडे तोंड करून असतील तर नळसज्ञा या दोन गलंतिकेच्या मध्ये असतो, व जर गलंतिका एकाच ओळीत एकाच बाजूस तोंड करून असतील तर नळसज्ञा गलंतिकांच्या ओळीच्या पुढच्या बाजूस असतो. नळसज्ञापासून गलंतिकेच्या पृष्ठभागालगतच्या फलाटाच्या नळाची उंची कमीत कमी २·२५ मीटर असावी.

नळ-सज्ञातील नळ आणि मिट-पडदे खालील गोष्टींसाठी असतात :

(अ) निक्षेपण टाकीतील निवळलेले पाणी गलंतिकेकडे अंतर्मार्ग नळीतून आणणे.

(ब) गलंतिकेत गाळले गेलेले पाणी नळगटार योजनेतून स्वच्छ पाण्याच्या भूमिगत टाकीकडे बहिर्मार्ग नळीतून नेणे.

अनुक्रमणिका

(क) धूत-जल टाकीकडून गलंतिकेतील नळ-गटार योजनेकडे धूत-जल नळीतून धूत-जल आणणे.

(ड) गलंतिकेतील वाळूचा थर धुण्यासाठी दापित हवा दापित हवेच्या नळीतून आणणे.

(इ) गलंतिका धुवून झाल्यावर धूत-जल पन्हळातील घाण पाणी घाणगटाराकडे घाणपाणी-नळीतून नेणे.

वरीलपैकी प्रत्येक नळीवर मिट-पडदा बसविलेला असतो.प्रत्येक मिट-पडद्याचा दांडा गलंतिकेच्या पृष्ठभागालगतच्या फलाटाच्यावर आणलेला असतो, व त्यावर एक चक्र बसविलेले असते. प्रत्येक चक्रावर मिट-पडदा उघडण्यासाठी व बंद करण्यासाठी चक्र फिरविण्याची दिशा दाखविलेली असते. तसेच कोणत्या नळीवरील मिट-पडदा आहे हे दर्शविण्यासाठी चक्रावर त्या नळीचे नाव लिहिलेले असते. उदा.— धूत-जल, दापित हवा, घाण-पाणी, अंतर्मार्ग, बहिर्मार्ग इत्यादी. वरीलपैकी फक्त अंतर्मार्ग नळ गलंतिकेच्या एका बाजूस (निक्षेपण टाकीच्या दिशेला) असतो, व बाकी सर्व चारही नळ अंतर्मार्ग नळाच्या विरुद्ध बाजूंना असतात. सर्व मिट-पडदे हातांनीच उघडण्यात व मिटवण्यात येतात, व त्यासाठी एक गलंतिका-सेवक नेमलेला असतो.

वर वर्णन केलेल्या निरनिराळ्या नळ्यांतील प्रवाहाची वेगमर्यादा खालीलप्रमाणे ठेवावी लागते :

		मीटर, दर सेकंदास
अंतर्मार्ग नळ	...	०·३ ते ०·६
बहिर्मार्ग नळ	...	१·० ते १·२
धूत-जल नळ	...	३·०
दापित हवा नळ	...	३·२
घाण-पाणी नळ	...	१·५ ते ३·०

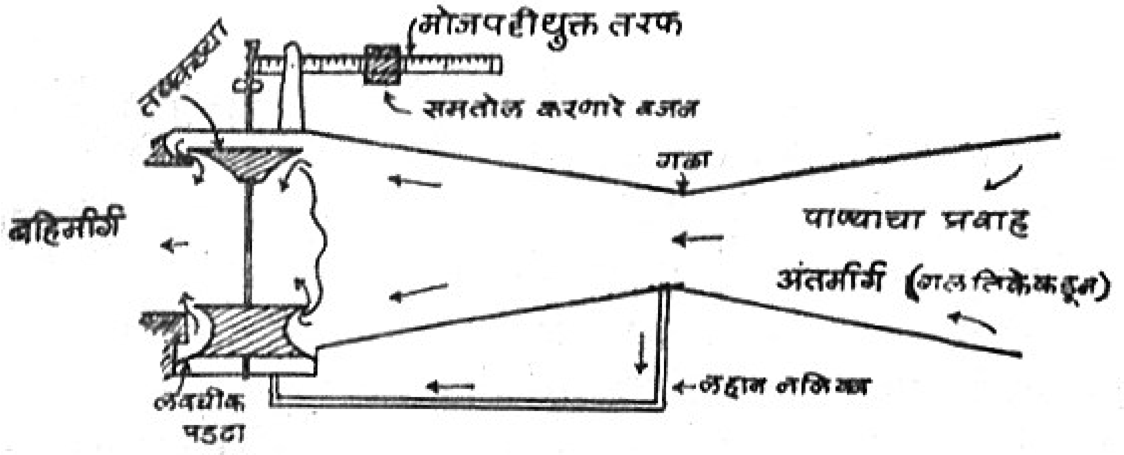
(८) गाळलेल्या पाण्याच्या दराचे नियंत्रण :

गलंतिकेतून गाळून बाहेर येणाऱ्या पाण्याच्या दराचे नियंत्रण करणे फार आवश्यक असते. कारण या दरात जर एकदम वाढ झाली तर गलंतिकेतील पाणी चांगल्या तऱ्हेने गाळले न जाताच वाळूच्या थरांतून झिरपू लागेल; किंवा ऋण-दाबात अचानक वाढ झाल्याने विद्रुत वायू मुक्त होतील. याच्या उलट गाळीव जल-दरात एकदम घट झाली तरीसुद्धा वाळूतील वायूचे बुडबुडे मुक्त होतील आणि त्यामुळे वाळूच्या थरातून छिद्रे तयार होतील. तेव्हा गाळलेल्या पाण्याचा कायम दर राखणे आवश्यक असते, आणि त्यासाठी बहिर्मार्ग नळीवर एक 'दर-नियंत्रक' बसविलेला असतो. हा दर-नियंत्रक पाहिजे त्या दरासाठी नियंत्रित करता येतो व त्यामुळे दरात फार तर ३ टक्के जास्त किंवा कमी इतकाच फरक पडू शकतो. उदा.— प्रत्येक चौरस मीटरला दर मिनिटाला १०० लिटर इतका दर पाहिजे असल्यास दरनियंत्रकामुळे फार तर ९७ आणि १०३ लिटर या दरम्यान दर राहील. दर-नियंत्रक खाली दिल्याप्रमाणे दोन प्रकारचे असतात :

अनुक्रमणिका

(अ) 'सिम्प्लेक्स' दर नियंत्रक (व्ययकोच दर नियंत्रक) : आकृती ३१ पाहा. या दरनियंत्रकामध्ये दोन तबकड्या वापरून एक झडप तयार केलेली असते. खालची तबकडी एका लवचिक पडद्याला जोडलेली असते. दोन्ही तबकड्या एका उभ्या दांड्याने जोडलेल्या असतात व हा दांडा वरच्या बाजूस एका मोजपट्टीयुक्त तरफेला जोडलेला असतो. या तरफेवर समतोल करणारे सरकते वजन असते. व्ययकोच दरनियंत्रकाच्या गळ्याजवळचा दाब एका लहान नलिकेमार्गे लवचिक पडद्याखाली बदली केला जातो. व्ययकोच दरनियंत्रकातून पाण्याचा प्रवाह बाणाच्या दिशांनीबहिर्मार्गाकडे वाहात राहतो. मोजपट्टीयुक्त तरफेवरील समतोल करणारे वजन पुढेमागे सरकविल्याने तबकड्यांभोवतालची फट कमीजास्त करता येते, व त्यामुळे नियंत्रकातून बाहेर जाणाऱ्या पाण्याचे परिमाण कमीजास्त होऊ शकते.

व्ययकोच दर नियंत्रकाचा उभा छेद



आकृती ३१

व्ययकोच दर नियंत्रक कार्यान्वित होण्यासाठी प्रथम पाण्याचा जो दर पाहिजे असेल तो मिळण्यासाठी मोजपट्टीयुक्त तरफेवरील समतोल करणारे वजन पुढेमागे सरकवावे लागते. त्यामुळे तबकड्यांभोवतालच्या फटींवर परिणाम होऊन पाहिजे तो दर मिळू शकतो. आता नियंत्रकातील अंतर्मार्गात येणारा पाण्याचा प्रवाह वाढला तर तबकड्यांच्या वरच्या बाजूच्या आणि खालच्या बाजूच्या दाबातील फरक वाढेल. त्यामुळे झडप खालच्या बाजूस सरकेल. ही सरकण्याची क्रिया दाबातील फरक कमीत कमी होईपर्यंत चालू राहील की ज्यामुळे तरफेवरील ओढ समतोल राहून ज्या दरासाठी नियंत्रक सुरुवातीलाच अनुयोजित केला होता तो दर मिळू लागेल. याच्या उलट गलंतिकेतील वाळूच्या थरातील पोकळ्या जेव्हा घाणीने भरू लागतात तेव्हा गाळूनबाहेर येणारा पाण्याचा प्रवाह कमी कमी होऊ लागतो; आणि त्यामुळे दाबातील फरक कमी होऊन तबकड्यांच्या वरील भागावरील दाब कमी होतो. यामुळे तरफ आणि समतोल करणारे वजन झडप वरच्या बाजूस ओढू लागते व ही क्रिया समतोल निर्माण होऊन पूर्वीचा अनुयोजित दर मिळेपर्यंत चालू राहते.

(ब) बहिर्मार्ग नियंत्रण गिअर (Outlet control gear) : गलंतिकेतून गाळून स्वच्छ झालेले पाणी तपासणी पेटीत येते. या पेटीत बहिर्मार्ग नियंत्रण गिअर बसविलेला असतो. यामुळे (१) गाळून बाहेर येणाऱ्या पाण्याचा दर पूर्वी कायम केलेल्या संरक्षित मर्यादेपेक्षा जास्त होऊ शकत नाही. (२) जर गलंतिकेत येणाऱ्या पाण्याचा दर गाळून बाहेर जाणाऱ्या दरापेक्षा कमी झाला किंवा गलंतिकेत निक्षेपण

टाकीकडून येणारे पाणीच येईनासे झाले तर बहिर्मार्ग नियंत्रण गिअरमुळे गलंतिकेचे कार्यच आपोआप थांबविले जाते. (३) गलंतिका धुवून स्वच्छ झाल्यावर तिचे कार्य हळूहळू सुरू केले जाते.

बहिर्मार्ग नियंत्रण गिअरमध्ये एक तरफ आणि तर यांनी नियंत्रित केलेली दुहेरी थाप-झडप असते. तपासणी पेटीतील बीरक कुंडीत तर ठेवलेला असतो. तराची उंची तर दांड्यावर अशा रीतीने अनुयोजित केलेली असते की गाळलेल्या पाण्याचा दर ठराविक नियोजित दरापेक्षा जेव्हा वाढतो तेव्हा तर वर उचलला जाऊन झडपेतील मार्ग आवळला जातो. तसेच जेव्हा प्रवाहाचा दर नियोजित दरापेक्षा कमी होतो तेव्हा तर खाली उतरला जाऊन झडपेतील मार्ग जास्त मोकळा होतो. तराच्या खाली आणि वर नियंत्रण-फिरक्या बसविलेल्या असतात. त्यामुळे पाहिजे त्या ठिकाणी तर घट्ट करता येतो (आकृती ३० पाहा).

गलंतिकेमध्ये आणखी एक तरफ व तिला जाडेलेला तरता गोळा असतो. ही तरफ तपासणी पेटीतील झडपेला सांधलेली असते. यामुळे जेव्हा गलंतिकेतील पाण्याची पातळी ठराविक पातळीच्या खाली जाते तेव्हा गलंतिकेतील तरता गोळाही खाली जातो, व त्यास जोडलेली तरफ आणि दांडा यांची ओढ बहिर्मार्ग नियंत्रण गिअरमधील तरफेवर बसून बहिर्मार्ग नळीवरील झडप बंद होऊ लागते. त्याचप्रमाणे जेव्हा गलंतिकेतील पाण्याची पातळी धूत-जल पन्हळाच्या पृष्ठभागापर्यंत येऊन पोहोचते तेव्हा तरता गोळा सर्वात खालच्या स्थितीत जाऊन पोहोचतो, व त्यामुळे तरफेवर पुरी ओढ बसून बहिर्मार्गावरील झडप पूर्णपणे बंद होते. ज्या वेळी गलंतिका धुण्यासाठी तिच्यातील पाणी वाळूच्या पृष्ठभागापर्यंत काढून घेतात त्या वेळीही तरफेवर पुरी ओढ राहून झडप पूर्णपणे बंद झालेली असते. याच्या उलट गलंतिका स्वच्छ करून निक्षेपण टाकीतील पाणी गलंतिकेत गाळण्यासाठी सोडल्यावर व पाणी साठू लागल्यावर तरता गोळा हळूहळू तरंगून वरवर जाऊ लागतो व त्याच वेळी बहिर्मार्गावरील झडपही हळूहळू उघडू लागते.

(९) गलंतिकेवरील आणखी काही उपकरणे :

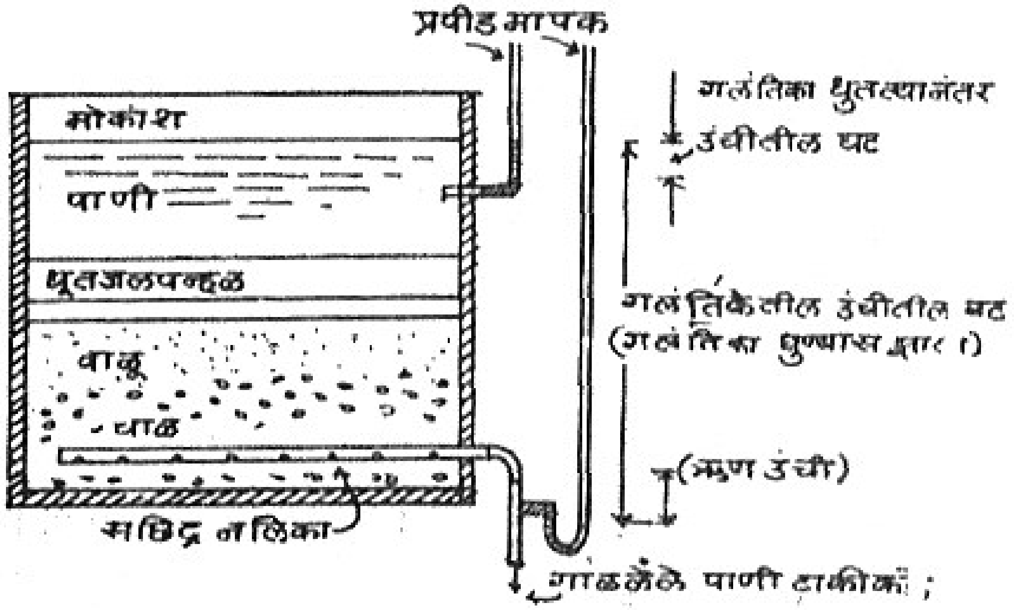
(अ) धूत-जल नियंत्रक : हा नियंत्रक जलप्रवाह दर-नियंत्रकासारखाच असतो. गलंतिका धुण्यासाठी जेव्हा धूत-जल उंच टाकीतून पुरविले जाते तेव्हा जलपुरवठ्याच्या दरातील एकसारखेपणा राखण्यासाठी धूत-जल नियंत्रकाचा उपयोग होतो. हा नियंत्रक नसेल तर सुरुवातीला उंच टाकीत भरपूर पाणी असल्याने धूतजलाचा दर जास्त राहील व टाकीतील पाणी जसजसे कमी होईल तसतसा दरही कमी होत राहील.

(ब) प्रवाह दर-दर्शक (Rate of flow indicator) आणि उंचीतील घट-दर्शक : (Loss of head indicator) : बहुतेक सर्व गलंतिकांवर प्रवाह दरदर्शक आणि उंचीतील घटदर्शक बसविलेले असतात. प्रवाह दर-दर्शकामुळे गलंतिकेतून गाळून बाहेर पडणाऱ्या पाण्याचा दर ताशी लिटरमध्ये दर्शविला जातो. प्रवाह दर दर्शकात एक लहान तर तपासणी पेटीतील पाण्यावर किंवा तपासणी पेटीला जोडून ठेवलेल्या एका छोट्या टाकीतील पाण्यावर तरंगत ठेवलेला असतो. दांडा किंवा दोरीचे एक टोक तराला जोडलेले असते व दुसरे टोक दर्शकाला जोडलेले असते. हा दर्शक स्केल-पट्टीवर पाण्याच्या प्रवाहाचा दर दाखवितो. काही दर्शकांत दोरीचे दुसरे टोक एका चक्राला जोडलेले असते व ह्या चक्रावर दर्शक बसविलेला असतो; आणि दर्शक गोलाकार स्केलवर पाण्याच्या प्रवाहाचा दर दाखवितो.

उंचीतील घट-दर्शकामुळे गलंतिकेतील वाळूच्या पृष्ठभागावर असणारी पाण्याची उंची आणि गलंतिकेतून गाळून पडणाऱ्या पाण्याची उंची यांतील फरक दर्शविला जातो. गलंतिकेत जसजशी घाण साचत जाते तसतशी उंचीतील घट वाढत जाते. काही ठराविक मर्यादेपर्यंत उंचीतील घट दर्शविली गेली की गलंतिकेचे कार्य बंद करून घाण काढून टाकण्यासाठी गलंतिका धुण्याचे कार्य सुरू करावे लागते. अशा रीतीने उंचीतील घट-दर्शकामुळे गलंतिका धुवावयास झाल्याची वेळ कळून येते.

(१०) ऋण-उंची : गलंतिका कार्यान्वित असताना चाळ व वाळू आणि तळ-गटारे यांच्यामुळे गलंतिकेतील पाण्याच्या प्रवाहास घर्षणजन्य अडथळा होऊन उंचीतील घट निर्माण होते. ही घट गलंतिकेतील पाण्याची पातळी आणि बहिर्मार्गातील पाण्याची पातळी यांतील फरकाबरोबर असते. गलंतिका धुवून स्वच्छ केल्याबरोबरची उंचीतील घट १० ते १५ सेंटिमीटरपेक्षा जास्त नसावी. गलंतिकेतील वाळूमधील पोकळ्या घाणीमुळे जसजशा भरत जातील तसतशा गाळून बाहेर पडणाऱ्या पाण्याचा दर कमी कमी होऊ लागेल; आणि तेव्हा गलंतिकेचे कार्य पूर्ववत आणण्यासाठी धुण्याचे कार्य हाती घ्यावे लागेल. तरच पूर्वीचा गाळलेल्या पाण्याचा नियोजित दर मिळू शकेल. गलंतिकेवर बसविलेल्या उंचीतील घट-दर्शकामुळे गलंतिकेची स्थिती कळून येते. जेव्हा उंचीतील घट २ मीटरला येऊन पोहोचते तेव्हा गलंतिका धुवावयास पाहिजे असा त्याचा अर्थ होतो (आकृती ३२ पाहा).

ऋण उंची



आकृती ३२

जेव्हा गलंतिकेतील वाळूच्या पृष्ठभागावरील पाण्याच्या उंचीपेक्षा वाळूच्या वरच्या थरात घाण साचल्याने घट जास्त होते तेव्हा वाळूच्या थरातील फक्त खालच्या भागातील पाणी ओढले जाऊन तेथे खंडशः निर्वात स्थिती निर्माण होते. या स्थितीला ‘ऋण-उंची’ म्हणतात. यावरून गलंतिकेतील कोणत्याही बिंदूजवळची ‘ऋण-उंची’ ही त्या बिंदूजवळील निर्वात तीव्रतेइतकी असते. सर्वात जास्त ऋण-उंची गलंतिकेतील तळ-गटार योजनेत ज्या बिंदूपाशी पाणी प्रवेश करते त्या बिंदूपाशी असते.

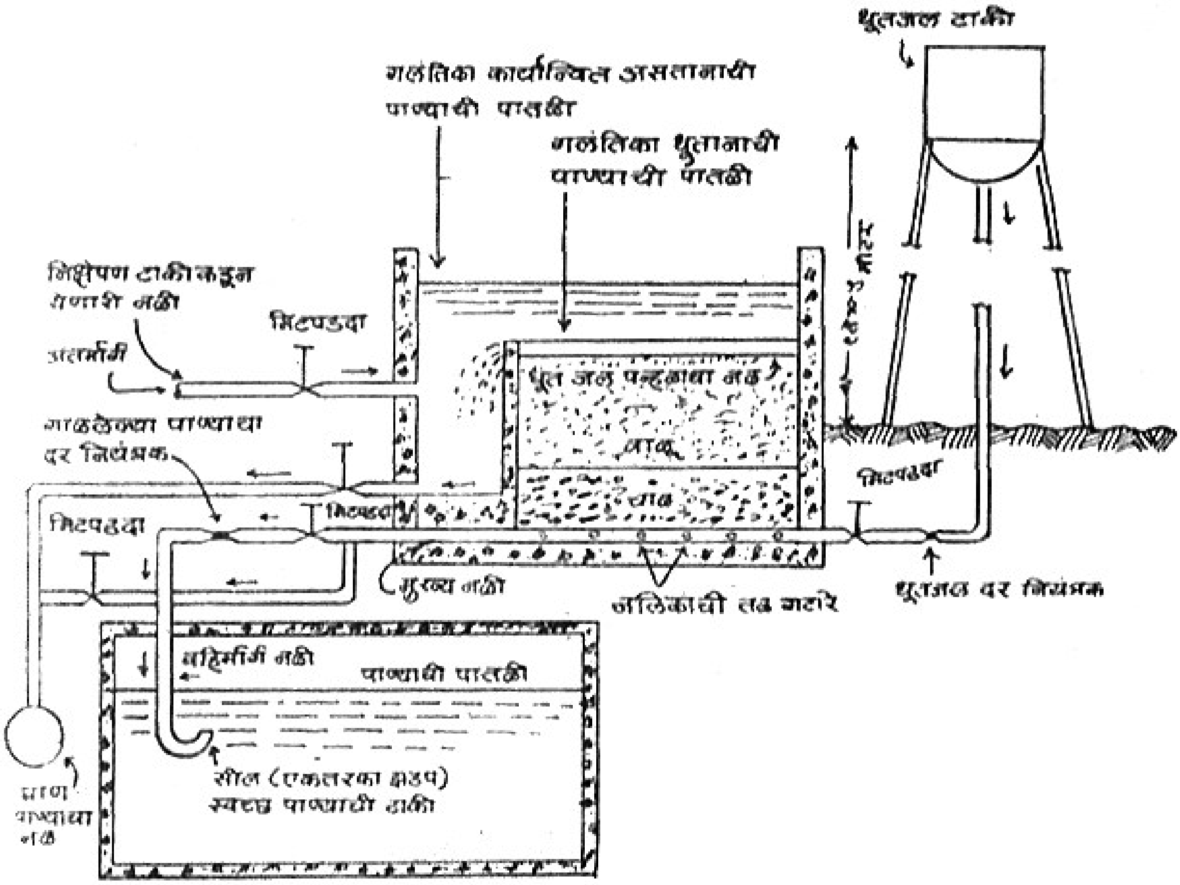
गलंतिकेत ऋण-उंची निर्माण होणे हे धोक्याचे असते. कारण निर्वात स्थितीमुळे वाळूच्या थराचा वरचा भाग घाणीसह त्याखालील ओढीमुळे घट्ट बनतो आणि गलंतिका निकामी होते.

(११) गलंतिका धुण्याची कार्यपद्धती :

गलंतिकेतील उंचीतील घट जेव्हा जास्तीत जास्त संरक्षित (धोक्याच्या) मर्यादेपर्यंत पोहोचते तेव्हा गलंतिका धुण्याचे कार्य सुरू करावे लागते. जेव्हा अशुद्ध पाण्यात अशुद्धे (आलंबित व कलिल पदार्थ) फार कमी असतात तेव्हा गलंतिका जास्त काळ कार्यान्वित राहू शकते. तरी पण अशा वेळी गलंतिका साधारण ५ दिवसांनी धुणे इष्ट असते. असे जर केले नाही तर गलंतिकेतील वाळूच्या थरात अडकून राहिलेले काही सेंद्रिय पदार्थ कुजण्याची व त्यामुळे गलंतिका आणि गाळले जाणारे पाणी बिघडण्याची शक्यता असते. त्यामुळे उष्ण कटिबंधातील प्रदेशात गलंतिका आठवड्यातून दोनदा तरी धुतलीच पाहिजे. जेव्हा गलंतिका दिवसातील काही तासच कार्यान्वित असते तेव्हा दिवसअखेरीस ती धुणे योग्य असते. त्यामुळे गलंतिका कार्यान्वित नसतानाच्या काळात जर सेंद्रिय पदार्थ कुजले असतील तर ते निघून जातात.

गलंतिकाधुण्यासाठी क्रमवार करावयाच्या गोष्टी : आकृती ३३ पाहा.

जलदगती गलंतिका धुण्याची क्रिया



आकृती ३३

अनुक्रमणिका

(१) दापित हवेचा दाब दर चौरस सेंटिमीटरला ३·६ किलोग्रॅमपेक्षा कमी नाही ना त्याची खात्री करून घ्यावी लागते.

(२) उंचावरील धूत-जल टाकीमध्ये पुरेसे स्वच्छ (गाळलेले) पाणी आहे ना ते पाहावे लागते. धूत-जलाचा तळ-गटार योजनेतील दाब ४·५ मीटर जल-उंचीइतका तरी पाहिजे. तळ-गटार योजनेतील उंचीतील घट, आणि वाळूच्या थरातील घर्षण प्रतिकार, या दोन गोष्टी लक्षात घेता धूत-जलाचा एकूण दाब ९ मीटर उंचीइतका आवश्यक असतो, आणि त्यासाठीच धूत-जल टाकी उंचावर ठेवतात. अगर धूत-जल पंपाच्या साहाय्याने किंवा दाबयुक्त गाळलेले पाणी पुरविणाऱ्या नळातून पाणी घेऊन ते गलंतिका धुण्यासाठी वापरावे.

(३) गलंतिका धुण्यापूर्वी १५ ते २० मिनिटे अंतर्मार्गातील मिट-पडदा बंद करून निक्षेपण टाकीकडून गलंतिकेत येणारे पाणी थांबवून गलंतिकेतील तरता गोळा वर उचलावा लागतो. त्यामुळे गलंतिकेतील पाण्याची पातळी धूत-जल पन्हळापर्यंत खाली जाईल. असे करण्याने गलंतिकेतील पाणी वाया न जाता ते भूमिगत टाकीकडे जाते.

(४) जेव्हा गलंतिकेतील पाण्याची पातळी घाण पाणी वाहून नेणाऱ्या पन्हळाच्या पातळीखाली अंदाजे ८ सें. मीटर असेल तेव्हा बहिर्मार्गावरील मिट-पडदा बंद करावा.

(५) घाण पाणी वाहून नेणाऱ्या नळीवरील मिट-पडदा पुरा उघडावा.

(६) दापित हवा नळीवरील मिट-पडदा हळूहळू उघडावा. त्यामुळे गलंतिकेतील शिलकी पाण्यात हवेचे बुडबुडे दिसू लागतील. त्यानंतर मिट-पडदा पूर्णपणे उघडावा व २ ते ३ मिनिटांपर्यंत दापित हवेमुळे वाळूचा पृष्ठभाग चांगला खदखदू द्यावा. नंतर मिट-पडदा पुन्हा सावकाशपणे बंद करावा.

(७) दापित हवा नळीवरील मिट-पडदा हळूहळू उघडावा, आणि धूत-जल टाकीकडून येणारे दाबयुक्त धूत-जल गलंतिकेत तळगटार योजनेकडून वर येऊ द्यावे. थोड्याच वेळात धूत-जलाबरोबर गलंतिकेतील घाण मिसळली जाऊन आता घाण पाणी धूत-जल पन्हळात सर्व बाजूंनी ओसंडून वाहू लागेल. धूत-जलाचा दर गलंतिकेच्या प्रत्येक चौरस मीटर क्षेत्रफळाला दर मिनिटाला ५०० लिटर किंवा दर मिनिटाला ४५ सें. मीटर उभी-भरती इतका पाहिजे. गलंतिकेतील बहुतेक सर्व घाण धूतजलाबरोबर वाहून जाऊन स्वच्छ पाणी दिसू लागेपर्यंत धूत-जल चालू ठेवावे. असे होण्यास साधारणपणे ३ ते ४ मिनिटे लागतील. घाणपाणी गलंतिकेबाहेर घाण-पाणी नळीतून वाहून जाईल. कारण त्या नळीवरील मिट-पडदा पूर्वीच उघडून ठेवलेला आहे (वरील क्रमांक ५ पाहा).

(८) धूत-जल नळीवरील मिट-पडदा बंद करावा. तसेच सर्व घाणपाणी गलंतिकेतील पन्हळातून वाहून गेले की घाण-पाणी नळीवरील मिट-पडदाही बंद करावा. आता गलंतिकेतील तरता गोळा खाली करावा.

अनुक्रमणिका

(९) अंतर्मार्ग नळीवरील मिट-पडदा१/३ ते ½ पर्यंत उघडावा, आणि बहिर्मार्ग नळीवरील मिट-पडदा पूर्ण उघडावा. साधारणतः १० ते १५ मिनिटांत गलंतिका हळूहळू पूर्ववत कार्यान्वित होईल. त्या वेळी अंतर्मार्ग नळीवरील मिट-पडदा पूर्ण उघडावा.

(१०) गलंतिका कार्यान्वित झाल्याबरोबर तपासणी पेटीत स्वच्छ पाणी यावयास पाहिजे. तसे न होता पाणी थोडे जरी गढूळ येत असले तर काही मिनिटे ते पाणी घाण-पाणी नळीवाटे बाहेर जाऊ द्यावे; स्वच्छ पाण्याच्या टाकीकडे जाऊ देऊ नये. तपासणी पेटीत स्वच्छ पाणी येऊ लागल्यावरच ते पाणी भूमिगत स्वच्छ पाण्याच्या टाकीत जाऊ द्यावे व साठवावे.

गलंतिका धुण्याचे कार्य चालू असताना वाळूचे घनफळ १४० ते १५० टक्क्यांनी वाढावयास पाहिजे.

(१२) जलदगती गलंतिकेची कार्यक्षमता :

जलदगती गलंतिकेमुळे निक्षेपण टाकीकडून येणाऱ्या पाण्यातील शिल्लक राहिलेले आलंबित पदार्थ, रंग, वास, आणि जीवजंतू बाजूला काढले जातील. ज्या अशुद्ध पाण्याची गढुळता जास्तीत जास्त ३५ ते ४० भाग प्रतिदशलक्षापर्यंत आहे असे पाणी गलंतिकेमध्ये जास्त चांगल्या प्रकारे शुद्ध होते. कमी गढुळता असणाऱ्या पाण्यातील जवळ जवळ ९८ ते ९९ टक्के जीवजंतू जलदगती गलंतिकेत दूर होतात. जेव्हा अशुद्ध पाण्यातील जीवजंतूंचे प्रमाण जास्त असते तेव्हा गलंतिकेतून गाळून बाहेर येणाऱ्या पाण्यावर रोगजंतू विनाशन प्रक्रिया करावी लागते.

७-८. दाबयुक्त जलदगती गलंतिका :

दाबयुक्त जलदगती गलंतिका धातूची दंडगोलाकृती (नळकांड्यासारखी) दोन्ही बाजूंची तोंडे बंद असलेली जलाभेद्य टाकीच्या स्वरूपात असते. या टाकीचा व्यास १·५ ते ३ मीटर असतो. आणि ती आडवी ठेवलेली असते. याही गलंतिकेत वाळूचा थर असतो; आणि त्याखाली तळ-गटार योजना असते. वाळूच्या वरच्या बाजूस छिद्रित नलिका असते. या नलिकेच्या छिद्रातून निक्षेपण केलेले पाणी वाळूच्या थराच्या पृष्ठभागावर पसरविले जाते. वाळूच्या थरामधून पाणी गाळले गेल्यावर ते तळ-गटार योजनेतून जास्त दाबाने बाहेर येते. या पाण्याचा दर गलंतिकेच्या प्रत्येक चौरस मीटरला प्रत्येक तासाला १०,००० ते १२,५०० लिटर इतका असतो. ज्या अशुद्ध पाण्यात आलंबित पदार्थांचे प्रमाण कमी आहे असे पाणी शुद्ध करण्यासाठी दाबयुक्त जलदगती गलंतिका चांगले साधन आहे. रोगजंतू निवारण प्रक्रियेसह अशा गलंतिका खाजगी पाणीपुरवठ्यासाठी आणि पोहोण्याच्या तलावासाठी कमी खर्चाच्या ठरतात. दाबयुक्त जलदगती गलंतिकेतील वाळूचा थर धुण्याचीही सोय गलंतिकेत केलेली असते.

७-९. डायाटोमाइट गलंतिका :

या गलंतिकेत वाळूच्या थराऐवजी डायाटोमेशियस मातीचा उपयोग केलेला असतो. ही माती तोंडाला लावावयाच्या पांढऱ्या पावडरसारखी किंवा बारीक दळलेल्या पांढऱ्या पिठासारखी दिसते. डायाटोमाइट गलंतिका ही नेहमीच्या गलंतिकेपेक्षा किंवा दाबयुक्त गलंतिकेपेक्षा वजनाने हलकी आणि घनफळानेही कमी असते. या गलंतिकेत सछिद्र पोकळ नळकांडी असतात. नळकांड्यांभोवती

डायाटोमेशियस मातीचा पातळ थर बसविलेला असतो. याच थरातून गलंतिकेतील पाणी गाळले जाऊन ते पोकळ नळकांड्यांत येते व तेथून बाहेर येते. नळकांडी टिकाऊ, न गंजणारी आणि धुताना लवकर स्वच्छ होणारी अशी असतात. ही गलंतिका दोन प्रकारे कार्यान्वित करता येते. एक म्हणजे गलंतिकेत नळकांड्याभोवती पाण्यावर दाब निर्माणकरून, आणि दुसऱ्या प्रकारात नलकांड्यात निर्वात स्थिती निर्माण करून. पैकी पहिला प्रकार चांगला आहे. उलट जलप्रवाह पाठवून गलंतिका स्वच्छ करता येते. अशा गलंतिका परदेशांत जत्रेच्या ठिकाणी, निरनिराळ्या खेड्यांतील पाणी स्वच्छ करण्यासाठी, तसेच घरगुती वापरासाठी, पोहोण्याच्या तलावातील पाणी स्वच्छ करण्यासाठी वापरतात. पोहोण्याच्या तलावातील पाणी स्वच्छ करण्याचा दर प्रत्येक चौरस मीटरला १५० लिटरपर्यंत आणि कारखाने किंवा घरगुती वापरण्यासाठी लागणाऱ्या स्वच्छ पाण्याचा दर प्रत्येक चौरस मीटरला ५० लिटरपर्यंत असतो. १०० भाग प्रतिदशलक्षापर्यंत गढूळ असलेले पाणी डायाटोमाइट गलंतिकेत स्वच्छ केल्यावर त्याची गढुळता ०·१ ते ०·२ भाग प्रतिदशलक्षाइतकीच राहते. पाण्यातील वनस्पतियुक्त अशुद्धे दूर करण्यासाठीही ही गलंतिका चांगली असते. मात्र पाण्यास आम्लांमुळे आलेला रंग काढून टाकण्याच्या कामी ती निरुपयोगी ठरते.

अनुक्रमणिका

प्रकरण आठवे

पाण्यातील रोगजंतुविनाशन

८-१. हरिनीकरणाची आवश्यकता (Necessity of Chlorination) :

अशुद्धपाणी शुद्ध करण्यासाठी किलाटन, निक्षेपण, निःस्पंदन वगैरे प्रक्रिया करूनसुद्धा पाण्यातील सर्व जीवजंतू बाजूला काढले जातीलच असे नाही. तसेच गावामध्ये जलवाहन नलिकांतून पाण्याचा सतत पाणी पुरवठा न करता खंडित पाणीपुरवठा होत असल्यास, नलिकांतील पाणी दूषित होण्याची शक्यता असते. म्हणून सुरक्षिततेसाठी गलंतिकेतून पाणी गाळून बाहेर आल्यावर त्या पाण्यात क्लोरिन किंवा हरन अगर क्लोरिन आणि अमोनिया (क्लोरामाइन) मिसळून पाण्यातील रोगजंतूंचे विनाशन करतात. जेव्हा पाण्यातील सर्व जीवजंतू मारले जातात तेव्हा ते पाणी निर्जन्तुक होते व अशा प्रक्रियेला 'निर्जन्तुकीकरण प्रक्रिया' म्हणतात. जेव्हा क्लोरिन वापरून पाण्यातील रोगजंतू मारले जातात. तेव्हा 'रोगजंतू विनाशन' म्हणतात. निर्जन्तुक पाण्यात एकही जंतू शिल्लक राहात नाही; परंतु रोगजंतुविरहित पाण्यात रोगजंतूंखेरीज इतर अनेक जंतू असू शकतील की ज्यांच्यामुळे काही अपाय होणार नाही.

क्लोरिन हे सर्वमान्य रोगजंतुनिवारक आहे. वास्तविक रोगजंतुविनाशनासाठी फारच थोड्या क्लोरिनची आवश्यकता असते. परंतु पाण्यात बहुधा सेंद्रिय पदार्थ हजर असल्याने क्लोरिन जास्त प्रमाणात शोषला जातो. क्लोरिन हा तीव्र प्रवर्धक असल्यामुळे पाण्यातील काही पदार्थांच्या प्राणीकरणासाठी तो शोषला जातो. तेव्हा प्रत्यक्ष रोगजंतुविनाशनासाठी क्लोरिनची जरी अल्पप्रमाणात आवश्यकता असली तरी दीर्घकाल टिकणाऱ्या अवशिष्ट रोगजंतुविनाशक परिणामासाठी पाण्यात पुष्कळ प्रमाणात क्लोरिन मिसळावा लागतो. यामुळे पाणी पुरविणाऱ्या जलवाहिन्यांमधून पाणी मिळून ग्राहकाने पाणी प्रत्यक्षात उपयोगात आणीपर्यंत ते दूषित होण्याची भीती मुळीच राहात नाही.

गलंतिकेतून गाळून बाहेर आलेल्या पाण्यात क्लोरिन मिसळल्यानंतर ते पाणी वापरण्यापूर्वी कमीत कमी २० ते ३० मिनिटांचा तरी कालावधी जावयास पाहिजे. पूर्ण संयोगासाठी एवढ्या कालावधीची आवश्यकता आहे. तसेच या कालावधीनंतर पुढे पाण्यातील अवशिष्ट क्लोरिन ०·१ वे ०·२ भाग प्रतिदशलक्ष इतका राहावयास पाहिजे. पोहोण्याच्या तलावातील पाण्याच्या बाबतीत अवशिष्ट क्लोरिन ०·४ ते ०·६ भाग प्रतिदशलक्ष इतका तरी पाहिजे. जास्त प्रमाणात क्लोरिन राहिल्यास पोहोणाऱ्याच्या डोळ्यांची आग होईल. पाण्यात क्लोरिन मिसळण्यासाठी 'क्लोरोनोम'नावाचे ग्वास उपकरण वापरतात.

८-२. क्लोरिनची प्रक्रिया :

इसवी सन १७७४ मध्ये शिलेनावाच्या स्विडिश रसायन शास्त्रज्ञाने क्लोरिन शोधून काढला. ग्रीक शब्द 'क्लोरॅास', याचा अर्थ हिरवा. यावरून क्लोरिन म्हणजे हर किंवा हरिन हे नाव पडले. रोगजंतुविनाशनासाठी क्लोरिनचा उपयोग चालू शतकाच्या सुरूवातीपासून होऊ लागला व त्यावर अधिक संशोधन दुसऱ्या महायुद्धाच्या वेळी होऊन अधिक प्रगती झाली. सर्वसाधारण तपमान आणि दाब असताना क्लोरिन हिरव्या वायूच्या स्वरूपात असतो; आणि त्याचे रेणुभार ७०·९१४ इतका असतो. दर चौरस सेंटिमीटरला ३·५ ते १०·५ किलोग्रॅम दाबास क्लोरिन वायूचे द्रवात रूपांतर होते. त्यामुळे क्लोरिनचा

अनुक्रमणिका

पुरवठा वर्तुळाकार नळकांड्यांतून (सिलिंडर्स) आणि पिपांतून करतात. क्लोरिन वायू पाण्यात विरघळतो. वाढत्या तपमानाबरोबर द्रावणातील क्लोरिनचे प्रतिशतमान कमी कमी होते.

क्लोरिन आणि क्लोरिन-अमोनियामुळे पाण्यातील सूक्ष्म जीवजंतू कसे मारले जातात, म्हणजेच नेमकी कोणती प्रक्रिया होते ते अद्यापिही निश्चितपणे माहीत झालेले नाही. याबाबत खालील तीन गोष्टी मानल्या जातात:

(अ)नवजात प्राणवायू तयार होऊन जीवजंतूतील जीवनरसाचे प्राणीकरण होऊन जीवजंतू नाहीसे केले जातात. ही क्रिया अशी:

$$Cl_2 + H_2O = HOCl + HCl = HCl + HCl + O$$

(हायपोक्लोरस) (नवजात प्राणवायू)

(ब) वरीलप्रमाणे न घडता जीवनरसाशी क्लोरिनचाच संयोग होऊन त्याचे हरिनीकरण होते व जीवजंतू मरतात.

(क) जीवजंतूंच्या पेशी-भिंतीतील लिपॅइड प्रथिनांशी क्लोरिनचे संयोजन होऊन आमली क्लोरिन मिश्रण तयार होते, व त्यामुळे जीवजंतू मरतात.

क्लोरिन प्रक्रियेवर उद्धनांकाचा परिणाम होतो. जेव्हा उद्धनांक ७ पेक्षा कमी असतो तेव्हा रोगजंतुनिवारण प्रक्रिया जलद होते. तसेच वाढणारा उद्धनांक आणि कमी होणारे तपमान याबरोबर कार्यक्षमता कमी होते. पाण्यात लोह आणि गंधक असल्यास क्लोरिनशी त्यांचा सर्वाअगोदर संयोग होतो व त्यामुळे त्याचा परिणाम रोगजंतुनिवारण चांगले न होण्यावर होतो.

८-३. अवशिष्ट क्लोरिन (Residual Chlorine)

गलंतिकेतून गाळून बाहेर आलेल्या स्वच्छ व शुद्ध पाण्यात मिसळावयाच्या क्लोरिनचे परिणाम पाण्यातील सेंद्रिय पदार्थांशी संयोगासाठी लागणाऱ्या आणिआवश्यक तो अवशिष्ट या दोघांच्या परिमाणाइतके पाहिजे. नगरपालिकांकडून ग्राहकांना पुरविल्या जाणाऱ्या तोटीच्या पाण्यात ०·१ ते ०·२ भाग प्रतिदशलक्ष अवशिष्ट क्लोरिन ठेवतात. यासाठी अंदाजे १ भाग प्रतिदशलक्ष क्लोरिन पाण्यात मिसळावा लागतो व तो मिसळल्यावर २० मिनिटांचा अवधी संयोगासाठी जाऊ दिल्यावर मग ग्राहकांना पाणी पुरविले जाते. जेव्हा एखाद्या रोगाची साथ पसरली असेल तेव्हा अवशिष्ट क्लोरिन ०·५ भाग प्रतिदशलक्ष इतका ठेवतात. पाण्यात अवशिष्ट क्लोरिन किती आहे हे तपासण्यासाठी ऑरथोटोलिडिन चाचणी किंवा स्टार्चआयोडाइड चाचणी घेतात.

ऑरथोटोलिडिन चाचणी (क्लोरोस्कोप) :

ज्या पाण्यात ०·३ भाग प्रतिदशलक्षापेक्षा कमी लोह, ०·०१ भाग प्रतिदशलक्षापेक्षा कमी मग्न, आणि ०·१ भाग प्रतिदशलक्षापेक्षा कमी नत्र आहे अशा पाण्याच्या बाबतीत ऑरथोटोलिडिन चाचणी करण्यात येते.

या चाचणीसाठी क्लोरोस्कोप नावाचे उपकरण वापरतात. या उपकरणात दोन पारदर्शक काचेच्या नळ्या असतात. पैकी एका नळीत अवशिष्ट क्लोरिन असलेल्या पाण्याचा रंगविरहित नमुना ठेवतात. दुसऱ्या नळीत १०० मिलिलिटर पाण्याच्या नमुन्यात १ मिलिलिटर ऑरथोटोलिडिन द्राव घातलेले मिश्रण ठेवतात. या मिश्रणास साधारणतः ४ मिनिटांत पिवळा रंग येतो. उपकरणाबरोबर कमीअधिक गडदपणा असलेल्या पिवळ्या रंगाच्या पारदर्शक पट्ट्या दिलेल्या असतात. आणि प्रत्येक पट्टीवर अवशिष्ट क्लोरिनची किंमत भाग प्रतिदशलक्षमध्ये लिहिलेली असते. आता वर उल्लेखिलेल्या दोन पारदर्शक काचेच्या नळ्या शेजारी शेजारी ठेवून पहिल्या नळीसमोर (ज्यात फक्त पाण्याचा रंगविरहित नमुना आहे) रंगीत पारदर्शक पट्टी धरतात, व हा रंग शेजारच्या नळीत (ज्यात ऑरथोटोलिडिन मिश्रित पाण्याचा नमुना आहे) दिसणाऱ्या पिवळ्या रंगाशी तुलना करून पाहतात. तुलना न झाल्यास दुसरी कमी किंवा अधिक गडदपणा असलेल्या रंगाची पट्टी पहिल्या पट्टीऐवजी ठेवून पुन्हा तुलना करून पाहतात. पट्टीचा आणि नळीतील मिश्रण द्रावाचा रंग हुबेहूब जमला म्हणजे पट्टीवरील अवशिष्ट क्लोरिनची लिहिलेली किंमत हीच पाण्याच्या नमुन्यातील अवशिष्ट क्लोरिनची किंमत मानण्यात येते.

जर पाण्यात लोह, मग्न, आणि नत्र थोड्या जास्त प्रमाणात असेल तर ऑरथोटोलिडिन चाचणी सोडियम आरसेनाइटच्या मदतीने करतात.

स्टार्च आयोडाइड चाचणी :

जेव्हा नायट्राइट नायट्रोजन किंवा मँगॅनिक मँगॅनीज असल्यामुळे ऑरथोटोलिडिन चाचणी निष्प्रभ ठरते तेव्हा स्टार्च आयोडाइड चाचणी करतात. अवशिष्ट क्लोरिन असलेल्या एक लिटर पाण्याच्या नमुन्यात १० मिलिलिटर पोटॅशियम आयोडाइडचा द्राव टाकून चांगले मिश्रण तयार करतात. मग या मिश्रणात ५ मिलिलिटर स्टार्चचाद्राव घालतात; त्यामुळे मिश्रणाला निळा रंग येतो. हा निळा रंग N/१०० सोडियम थायो-सल्फेटचा द्राव घेऊन वहमापनाने घालवून टाकतात.

नमुन्यातील अवशिष्ट क्लोरिन भाग प्रतिलक्ष = ०·३५४६ × निळा रंग घालविण्यासाठी लागलेल्या थायो-सल्फेटचे मिलिलिटर्स.

८-४. **विरंजक चूर्ण** (ब्लीचिंग पावडर) :

विरंजक चूर्ण बाजारात ब्लीचिंग पावडर नावाने मिळते. ब्लीचिंग पावडर किंवा कॅलशिअम हायपोक्लोराइट ($CaOCl_2$) मधून साधारणपणे वजनाने ३३ टक्के क्लोरिन उपलब्ध होते. पाण्याच्या रोगजंतु-विनाशनासाठी विरंजक चूर्णाचे द्रावण तयार करून ते ठराविक प्रमाणात पाण्यात मिसळतात. द्रावण झिलईदार कॉंक्रिटच्या किंवा चिनी मातीच्या भांड्यात ठेवलेले असते. या भांड्याची क्षमता अंदाजे १३५ लिटर असते. भांड्यातील द्रावण एका झिलईदार लहान मोज-टाकीत येते. या टाकीत द्रावणाची कायम पातळी राखण्यासाठी गोल तोटी (बॉल-कॉक) बसविलेली असते. टाकीतील द्रावण एका रबरी नळीमार्गे गलंतिकेतून गाळून आलेल्या पाण्यात पडते व मिसळले जाते. द्रावणाचे ठराविक परिमाण रबरी नळीमार्गे पाण्यात पडण्यासाठी खास सूक्ष्ममापक झडप वापरली जाते. प्रत्येक वेळी २४ तास पुरेल इतके द्रावण तयार करावे लागते. द्रावणात योग्य प्रमाणात क्लोरिन आहे किंवा नाही याची वेळोवेळी चाचणी घेऊन खात्री करून घ्यावी लागते.

समजा, ३ दशलक्ष लिटर पाण्याचे रोगजंतु-विनाशन करावयाचे आहे. विरंजक चूर्णातील क्लोरिनची उपलब्धता ३० टक्के आहे. क्लोरिन ०·३ भाग प्रतिदशलक्ष या प्रमाणात पाण्यात मिसळावयाचा आहे; तर एकूण किती विरंजक चूर्ण लागेल?

आता १ भाग प्रतिदशलक्ष = १ किलोग्रॅम प्रतिदशलक्ष लिटर

∴ ०·३ भाग प्रतिदशलक्ष = ०·३ × १ = ०·३ कि. ग्रॅ. क्लोरिनप्रति-दशलक्ष लिटर.

∴ ३ दशलक्ष लिटर पाण्यासाठी ३ × ०·३ = ०·९ कि. ग्रॅ. क्लोरिन लागेल. विरंजक चूर्णात ३० टक्के क्लोरिन उपलब्ध आहे.

$$\therefore \frac{०·९ \times १००}{३०} = ३ \text{ कि. ग्रॅ. विरंजक चूर्ण लागेल.}$$

या विरंजक चूर्णाचे द्रावण तयार करून ते पाण्यात मिसळावे लागेल. विरंजक चूर्णापेक्षा क्लोरिन द्राव जास्त प्रभावी असल्यामुळे हल्ली बहुतेक सर्व जलशुद्धीकरण केंद्रांत क्लोरिन वायू व क्लोरोनोम उपकरण यांचा वापर करतात.

८.५ हरिनीकरणाच्या सर्वसाधारण पद्धती

(General methods of chlorination) :

(अ) पूर्वहरिनीकरण (Pre-chlorination) : फार अशुद्ध असलेल्या पाण्याच्या बाबतीत पूर्व हरिनीकरण करावे लागते. उदा.—शेवाळे, वनस्पती यांसारख्या गोष्टींची सतत वाढ असणारे मोठ्या जलाशयातील पाणी, नदीतून घेतलेले परंतु जलशुद्धीकरणापूर्वी बराच काळ साठवून ठेवलेले पाणी, तसेच ज्या पाण्यात जीवजंतूंची संख्या फार आहे असे पाणी. अशा बाबतीत निःस्पंदन प्रक्रियेपूर्वीच पाण्यात क्लोरिन मिसळतात, त्यालाच पूर्व हरिनीकरण असे म्हणतात. यामुळे किलाटनाचे परिमाणही कमी लागते. कारण सेंद्रिय पदार्थांचे प्राणीकरण होते. पूर्व हरिनीकरणामुळे पाण्याचा रंग नाहीसा होतो, टाक्या आणि गलंतिका यांमधील अलगीची वाढ खुंटते, आणि प्राणीकरणामुळे उत्पन्न होणारा स्वाद आणि वास नाहीसा होऊन गलंतिका जास्त काल कार्यान्वित राहते.

(ब) उत्तर-हरिनीकरण (Post Chlorination) : गलंतिकेतून गाळलेले पाणी बाहेर येऊन ते भूमिगत स्वच्छ आणि शुद्ध पाण्याच्या टाकीत साठविण्यासाठी जाण्यापूर्वी त्यात क्लोरिन मिसळतात; यास उत्तर-हरिनीकरण म्हणतात. पाण्यात अवशिष्ट क्लोरिन ०·१ ते ०·२ भाग प्रतिदशलक्ष राहील अशा मानाने क्लोरिन मिसळला जातो.

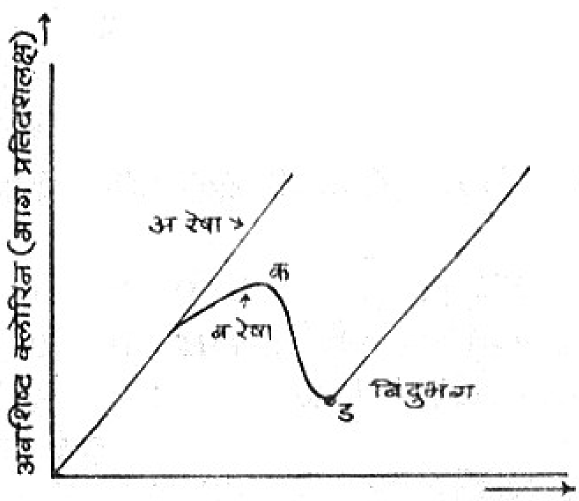
(क) दुहेरी हरिनीकरण (Double Chlorination) : जेव्हा पाण्यातपूर्व हरिनीकरण आणि उत्तर हरिनीकरण असे दोन वेळा हरिनीकरण केले जाते तेव्हा त्यास दुहेरी हरिनीकरण म्हणतात. तसेच जेव्हा दोनपेक्षा जास्त वेळा हरिनीकरण केले जाते तेव्हा त्यास बहुगुणित हरिनीकरण असे म्हणतात. जीव-जंतूंवरील कमी वेळातील तीव्र हरिनीकरणाचा परिणाम जास्त वेळातील सौम्य हरिनीकरणापेक्षा फार

चांगला असतो. दुहेरी हरिनीकरणासाठी दोन उपकरणे लागतात आणि याचा रक्षणांश म्हणून फायदा होतो.

(ड) जादा हरिनीकरण (Super chlorination) : नेहमीच्या हरिनीकरणासाठी (अवशिष्ट क्लोरिन ०·१ ते ०·२ भाग प्रतिदशलक्ष) पाण्यात कमीतकमी क्लोरिन मिसळल्यावर त्या पाण्यास एक प्रकारची निराळीच चव येते व पुष्कळ वेळा ग्राहकांना ही चव नकोशी वाटते. अशी चव व वास घालविण्यासाठी जास्त प्रमाणात क्लोरिन मिसळून अवशिष्ट क्लोरिन १ ते ३ भाग प्रतिदशलक्ष इतका ठेवतात. क्लोरिन मिसळल्यावर संयोगकाळ ३० ते ६० मिनिटे ठेवावा लागतो. त्यानंतर जास्त अवशिष्ट क्लोरिन काढून टाकण्यासाठी सल्फर डायॉक्साइड वायू, कार्बन, सोडियम बाय सल्फाइट, किंवा सोडियम थायोसल्फेट यांसारखे हरिनीकरण निरासकारक वापरतात. जेव्हा पाण्यातील क्लोरिनची मागणी आणि जीवजंतूंचे प्रमाण एकदम बदलत असते अशा वेळी जादा हरिनीकरण उपयुक्त ठरते.

(इ) बिन्दुभंग हरिनीकरण (Break point chlorination) : बिंदुभंग हरिनीकरणास नियंत्रित जादा हरिनीकरण असेही म्हणता येईल. पाण्यात निरनिराळ्या कारणांसाठी क्लोरिनला मागणी असते. क्लोरिनला मागणी नसताना जर पाण्यात जास्त जास्त प्रमाणात क्लोरिन मिसळला तर त्याच प्रमाणात अवशिष्ट क्लोरिन उपलब्ध व्हावयास हवा (आकृती ३४ मधील 'अ' रेषा पाहा). परंतु प्रत्यक्षात असे घडत नाही. सुरुवातीला फक्त 'अ' रेषा आढळून येते व त्यानंतरलगेच क्लोराइड (स्थिर) आणि क्लोरामाइन्स (अस्थिर) क्लोरिन संयोगामुळे तयार झाल्याचे 'ब' रेषा दर्शविते. क्लोरामाइन्समुळेच ऑरथोटोलिडिन चाचणीत रंग दिसून येतो, आणि अवशिष्ट क्लोरिन म्हणून दर्शविले जाते. जास्त क्लोरिन मिसळल्यावर 'क' बिंदूपासून पुढे अस्थिर क्लोरामाइन्स (जे अवशिष्ट क्लोरिन म्हणून दर्शविले गेले होते) क्लोरिनची मागणी पूर्ण झाल्याने भंग पावू लागतात आणि ही क्रिया 'ड' बिंदूपाशी पूर्ण होऊन त्यापुढे जास्त मिसळत गेलेला क्लोरिन खरा अवशिष्ट मुक्त क्लोरिन म्हणूनच दर्शविला जातो. कारण क्लोरिनची सर्व मागणी पुरी झालेली असते. 'ड' या बिंदूसच बिंदुभंग म्हणतात. बिंदुभंग साधारणतः ३ आणि ७ भाग प्रतिदशलक्ष क्लोरिन मात्रा (डोस) यामध्ये असतो. मात्र पाण्यातील मुक्त अमोनियाचा याच्यावर परिणाम होतो.

बिंदुभंग हरिनीकरण



मिसळलेला क्लोरिन (भाग प्रतिदशलक्ष)

आकृती ३४

अनुक्रमणिका

बिंदुभंग हरिनीकरणाचे फायदे :

(१) पाण्यातील अमोनिया आणि इतर संयुक्तांचे संपूर्ण प्राणिकरण केले जाते.

(२) जीवजंतू, फेनॉल इत्यादींमुळे येणारे स्वाद आणि वास यांचे उच्चाटन होते.

(३) सेंद्रिय पदार्थांमुळे पाण्याला आलेले रंग ३० टक्क्यांनी काढून टाकले जातात.

(४) मग्न दूर केले जाते.

(५) पाण्यापासून उद्भवणाऱ्या काविळीसारख्या रोगाचे विषारी अतिसूक्ष्म जीवाणू व इतर रोगजंतू यांचा नाश केला जातो.

(६) पाणीपुरवठा करणाऱ्या नळांमध्ये वनस्पतींची वाढ होत नाही व त्यामुळे पाणी दूषित होऊ शकत नाही.

८-६. हरिनीकरण निरास (Dechlorination) :

पाण्यात हरिनीकरणासाठी जास्त क्लोरिन मिसळल्यास त्या पाण्याला क्लोरिनचा उग्र वास आणि चव येते व असे पाणी ग्राहकांना आवडत नाही. अशा प्रकारचा उग्र वास काढून टाकण्याचा सोपा उपाय म्हणजे पाण्याचा हवेशी आणि सूर्यप्रकाशाशी संपर्क आणणे. यापेक्षा खात्रीचा उपाय म्हणून क्लोरिनचा उग्र वास येणाऱ्या पाण्यात रासायनिक हारक मिसळणे. उदा.— (१) सल्फर डायॉक्साइड (SO_2), (२) सोडियम बाय सल्फाइट ($NaHSO_3$), (३)सोडियम सल्फाइट (Na_2SO_3), (४) सोडियम थायोसल्फेट ($Na_2S_2O_3$), आणि (५) रवाळ प्रभावित कर्बच्या थरातून पाणी गाळणे. यात क्लोरिन कार्बनचे कार्बन-डायॉक्साइडमध्ये रूपान्तर करतो. तसेच कार्बनमुळे वास, स्वाद आणि रंगही नाहीसा केला जातो.

८-७. क्लोरिन डायॉक्साइड (ClO_2) :

क्लोरिन डायॉक्साइड हा शक्तिमान प्राणिकरणकारक (प्रवर्धक) असून तो क्लोरिनच्या दुप्पटीने किंवा तिप्पटीने प्रभावी आहे. विशेषतः फेनालमुळे आणि अलगीमुळे पाण्याला येणारा स्वाद त्वरित दूर केला जातो. परंतु क्लोरिन डायॉक्साइड वापरणे जास्त खर्चाचे आहे. त्यामुळे मोठ्या प्रमाणावर तो वापरण्यात येत नाही.

८-८ क्लोरिन-अमोनिया :

रोगजंतू विनाशनासाठी जेव्हा फक्त क्लोरिन वापरला जातो तेव्हा पाण्याला एक प्रकारची अप्रिय चव, उग्र वास आणि अलगीसारख्या सेंद्रिय पदार्थांशी झालेल्या संयोगामुळे काही विचित्र वास येतात. म्हणून क्लोरिनबरोबरच पाण्यात अमोनिया मिसळतात, आणि त्यामुळे 'क्लोरामाइन्स' तयार होऊन ते अवशिष्ट रोगजंतूविनाशनकारक म्हणून पाण्यात कित्येक तास राहू शकतात. मात्र त्यामुळे रोगजंतुविनाशनाचा वेग कमी होतो. हा एक गैरफायदा आहे. यासाठी ज्या जलशुद्धीकरण केंद्रात पाणी वापरण्यापूर्वी ते मोठाल्या स्वच्छ पाण्याच्या टाक्यांत साठवून ठेवण्याची सोय आहे, अगर गावात पाणीपुरवठ्याच्या जास्त क्षमतेच्या उंच टाक्या आहेत अशाबाबतीत क्लोरिन-अमोनिया ही पद्धत वापरतात. अमोनिया वायुरूपात किंवा अमोनियम सल्फेटच्या स्वरूपात पाण्यात मिसळतात. क्लोरिन मिसळण्यापूर्वी

अनुक्रमणिका

किंवा क्लोरिनबरोबर किंवा क्लोरिन मिसळल्यानंतर अमोनिया मिसळला तरी चालते. सर्वसाधारणपणे क्लोरिन मिसळण्यापूर्वी अमोनियम सल्फेटचे द्रावण पाण्यात टाकून चांगले मिसळण्यात येते. अमोनिया वायू वापरावयाचा झाल्यास त्यासाठी क्लोरोनोमप्रमाणेच 'अमोनियाटर' नावाचे उपकरण असते. अमोनियम सल्फेटमध्ये २५ टक्के अमोनिया असतो. क्लोरिनच्या ⅛ ते ½ भाग अमोनियाचे प्रमाण ठेवतात. क्लोरामाइन्सपासून तयार होणारे अवशिष्ट क्लोरिनच्या दुप्पट तरी असावेत. तसेच क्लोरामाइन्स पाण्यात तयार झाल्यापासून ते पाणी ग्राहकांनी वापरण्यापर्यंत २ तासांचा संयोग-अवधी जावयास हवा. क्लोरिन-अमोनिया पद्धती वापरल्याने फेनालमुळे पाण्याला येणारी विशिष्ट चव जाते. रोगजंतु-विनाशनाचा परिणाम निव्वळ क्लोरिनपेक्षा जास्त शक्तिमान असतो. क्लोरिन कमी पुरतो; पोहोण्याच्या तलावातील पाण्याने डोळ्यांची आणि नाकात आग होत नाही. थोड्या जास्त प्रमाणात क्लोरिन अमोनिया मिसळला गेला तरी त्यापासून काही अपाय होत नाही.

काही इतर पद्धती :

८-९ ओझोन (O_3) :

ओझोन हा प्राणवायूचा आयसोटोप आहे. तो अतिशय अस्थिर असून त्याचे विघटन होते व त्यामुळे प्राणवायू (O_2) तयार होऊन राहिलेल्या एका नवजात प्राणवायूच्या (O) अणूमुळे प्राणिकरण होऊन पाण्यातील वास, स्वाद व रंग नाहीसे होतात. तसेच ओझोनचा रोगजंतु-विनाशनासाठीही उपयोग होतो. एका बंद पेटीतील हवेच्या झोतात विजेचा शक्तिमान प्रवाह सोडून ओझोन कृत्रिमरीत्या तयार करता येतो. ०·४५ कि.ग्रॅ. ओझोन तयार करण्यास अंदाजे १४ ते १६ किलोवॅट तास लागतात. हरिनीकरणापेक्षा ओझोन वापरणे जास्त खर्चाचे पडते. गाळून झालेल्या आणि स्वच्छ अशा पाण्याच्या बाबतीत ओझोन वापरणे किफायतशीर पडते. मात्र अशा पाण्याची ओझोनसाठीची मागणी २ ते ३ भाग प्रतिदशलक्षपेक्षा जास्त असता कामा नये. ०·१ भाग प्रतिदशलक्ष इतके अवशिष्ट ठेवल्याने कोणत्याही प्रकारचे रसायन मागे न राहता पाण्याचे उत्तम तऱ्हेने रोगजंतुविनाशन होऊ शकते. पाण्यात ओझोन बुडबुड्यांच्या स्वरूपात सोडल्याने मिश्रण चांगल्या प्रकारे होते.

८-१०. नीलातीत किरण :

गारेच्या गोलात पाऱ्याच्या वाफेने जळणारा विजेचा दिवा ठेवल्याने नीलातीत किरण तयार होतात. नीलातीत किरणांची संहारशक्ति-लहरींची लांबी ०·४९०μइतकी होताच सुरू होते, आणि ०·१४९μ पर्यंत वाढत राहते. पाण्यातील रोगजंतू मारण्यासाठी नीलातील किरणांसमोर जास्तीत जास्त ३० सें. मी. अंतरावर स्वच्छ आणि रंगहीन पाण्याचे पातळ थर सरकविले जातात. नीलातीत दिवे २२० व्होल्टस् दाब आणि ३·५ ॲम्पिअर प्रवाह (एकदिक् प्रवाह) यावर चालतात. नीलातीत किरण पद्धत जरी जास्त कार्यक्षम असली तरी ती खर्चाची असल्याने जलशुद्धीकरणात वापरण्यात येत नाही.

८-११. आयोडिन :

क्लोरिनप्रमाणेच आयोडिन व ब्रोमिन यांच्या पाण्याबरोबर रासायनिक क्रिया असतात. ७ भाग आयोडिन, ३ भाग पोटॅशियम आयोडाइट, आणि ९० भाग अल्कोहोल असलेला १ घन सेंटिमीटर अर्क ७

लिटर पाण्यात मिसळल्यास चांगल्या प्रकारे रोगजंतुविनाशन होते. संयोगासाठी फक्त पाच मिनिटांचा अवधी पुरतो. आयोडिन गोळ्यांच्या स्वरूपातही मिळतो. आयोडिन मात्रा ८ भाग प्रतिदशलक्ष इतकी असावी. आयोडिनचा उपयोग विशेषतः लहान लहान पाणीपुरवठा केंद्रांवर करतात.उदा.— युद्धभूमीवर, जत्रेची ठिकाणे, प्रदर्शने इत्यादी.

८-१२. मोरचूद (Copper sulphate) :

यालाच कॉपर सल्फेट म्हणतात. त्याचे निळ्या रंगाचे खडे असतात. उघडे जलाशय, मोठाले नळ, आणि पाणी वाटपाच्या नळ्यांचे जाळे यांतील अलगी वनस्पतीची वाढ रोखून धरण्यासाठी मोरचुदाचा उपयोग करतात. मोरचुदामुळे अतिसूक्ष्म जंतू मारले जाऊन पाण्याचा स्वाद आणि वास नाहीसा केला जातो. जलाशयांच्या बाबतीत बोटीतून मोरचुदाचे द्रावण फवारण्यात येते, किंवा बोटीतून अगर विमानातून मोरचुदाची कोरडी भुकटी टाकतात. किंवा गोणपाटात अगर पोत्यात मोरचूद भरून ते पोते होडीच्या मागच्या बाजूस बांधून जलाशयात सर्वत्र फिरवितात. नळ्यांच्या बाबतीत ०·५ ते ०·६५ भाग प्रतिदशलक्ष तीव्रतेचे मोरचुदाचे द्रावण पाण्यात मिसळतात. मोरचुदाचे द्रावण पाण्यात सतत मिसळल्यास जास्त प्रभावी ठरते. जलाशयाच्या बाबतीत जास्त मोरचूद टाकला गेल्यास पाण्यातील मासे मरण्याचा धोका असतो. मोरचुदामध्ये २५ टक्के तांबे असते. (यासाठीच पिण्याचे पाणी तांब्याच्या कळशीत अगर हंड्यात किंवा तांब्यात ठेवण्याची पद्धत रूढ होती).

८-१३. प्रभावित कर्ब (Activated carbon) :

बंदिस्त जागेत कार्बन-डायॉक्साइड, हवा, वाफ किंवा क्लोरिन ठेवून त्यात लोणारी कोळसा तापविला असता त्यावर रासायनिक प्रक्रिया घडून प्रभावित कर्ब तयार होते. फॉस्फॉरिक आम्ल किंवा झिंक क्लोराइड हे रासायनिक कारकही कधीकधी घालतात. यामुळे कर्ब प्रभावित होऊन त्याची शोषणशक्ती वाढते. प्रभावित कर्ब वायू, द्रव, घनपदार्थांचे सूक्ष्म कण, इत्यादी स्वतःकडे फार जलद रीतीने खेचून घेतात. चांगल्या प्रकारच्या प्रभावित कर्बाचे वजन दर घनमीटरला १६० ते १७५ किलोग्रॅम असते. त्यामध्ये ९० टक्के शुद्ध कर्ब आढळते. प्रभावित कर्बाची बारीक पूड असते, व ६ टक्क्यांपेक्षा जास्त पूड २०० नंबरच्या चाळणीने चाळली असता चाळणीवर राहू शकत नाही.

पाण्यामध्ये किलाटनापूर्वी किंवा नंतर प्रभावित कर्ब मिसळतात. कोरडी पूड किंवा ॲल्युमिनियम सल्फेट अगर चुना यांच्याबरोबर प्रभावी कर्बाचे मिश्रण करून ते पाण्यात टाकतात. यामुळे पाण्याचा रंग, वास, स्वाद नाहीसा होतो. प्रभावित कर्बाचे कण निक्षेपण टाकीतील गाळाबरोबर व त्यानंतर गलंतिकेतील घाणीबरोबर पाण्यापासून वेगळे काढले जातात. एक दशलक्ष लिटर पाण्यासाठी २ ते २·५ किलोग्रॅम प्रभावित कर्ब लागते. स्फोटाची शक्यता असल्यामुळे कोरडा प्रभावित कर्ब क्लोरिनच्या संयुक्ताबरोबर कधीही मिसळू नये. एक टन कोरडा प्रभावित कर्ब साठविण्यासाठी १ ते १·४ घन मीटर इतकी जागा लागते. त्यामुळे उष्णता निर्माण होणार नाही व प्रभावित कर्बाच्या शक्तिमान शोषण गुणधर्मामुळे स्फोट होणार नाही. प्रभावित कर्बाचा ओलसर घट्ट द्राव करून साठविल्यास धूळ आणि आगीची भीती नसते.

८-१४. वायुमिश्रण :

पाण्यातील वायु-परिणामशील अशुद्धे काढून टाकण्यासाठी हवेमध्ये पाण्याचे फवारे उडवितात. असे फवारे उडविल्याने पाणी हवेमधील प्राणवायू शोषून घेते व त्यामुळे पाण्यातील सेंद्रिय पदार्थांचे हरनीकरण होते. अशा वायुमिश्रणामुळे फेरस बायकार्बोनेटस्‌चे न विरघळणाऱ्या फेरिक ऑक्साइडमध्ये रूपान्तर होते, आणि फेरिक ऑक्साइड निःस्पंदन प्रक्रियेने पाण्यातून बाजूला काढता येते. तसेच पाण्याचा उद्धनांक ९·८ असल्यास वायुमिश्रणाने मँगॅनीजही बाजूला काढता येते. कार्बन डायॉक्साइड आणि हैड्रोजन सल्फाइड हे विरघळलेले अनिष्ट वायूही वायुमिश्रणाने दूर होतात.

पाण्याचा प्रवाह हवेच्या विरुद्ध दिशेला ठेवल्यास म्हणजेच हवेमध्ये पाणी वरून खाली पडत राहिल्यास वायुमिश्रण चांगल्या प्रकारे होते. वायुमिश्रणाच्या अनेक पद्धती आहेत. त्या म्हणजे : (अ) हवेशी नेहमीच सान्निध्य असलेले उघडे जलवाहक पूल आणि जलाशय; (ब) धबधबा, बंधारा किंवा वीरक, पायऱ्या, तसराळी इत्यादींवरून वाहणारा पाण्याचा प्रवाह; (क) दगडी कोळशाच्या (कोक) थरातून किंवा सछिद्र तबकांतून ठिबकत ठेवलेले पाणी; (ड) कारंज्यामधून हवेत फवारलेले पाणी (दर चौरस सेंटिमीटरला ०·७ कि. ग्रॅ. इतका दाब पाहिजे); (इ) पाण्यात दापित हवा सोडणे.

वायुमिश्रणाने पाण्यात तयार झालेले बुडबुडे टाकीत पाणी १५ मिनिटे ते२ तासपर्यंत स्थिर ठेवून काढून टाकता येतात. दापित हवा मिश्रणासाठी टाकीची खोली ३ ते ४·५ मीटर असल्यास दर १००० लिटर पाण्याला ०·३ ते ०·६ घनमीटर मुक्त हवा लागते, आणि मिश्रणासाठी १५ मिनिटांचा अवधी लागतो.

८-१५. प्लविदे (Fluorides) :

जर पाण्यात १ भाग प्रतिदशलक्षापेक्षा जास्त प्रमाणात प्लविदे असतील तर असे पाणी पिण्यात आल्याने दातांचे रोग जडतात, असे अलीकडील संशोधनावरून सिद्ध झाले आहे. विशेषतः लहान मुलांच्या बाबतीत त्यांच्या दातांवरील कवच तयार होत असताना जेव्हा १·५ भाग प्रतिदशलक्षापेक्षा जास्त प्लविदे असलेले पाणी पिण्यात येते तेव्हा हटकून दातांवर वाईट परिणाम झालेला दिसून येतो. ६ भाग प्रतिदशलक्ष प्लविदे असल्यावर तर दात वाकडेतिकडे होतातच. इतकेच नव्हे तर दातांतील फटी रुंदावत जाऊन वाईट दंतरोग जडतात. या कारणास्तव प्लविदांचे प्रमाण ०·५ ते १·५ भाग प्रतिदशलक्ष इतके राखणे फार महत्त्वाचे आहे. पाण्यात प्लविदांचे प्रमाण कमी असल्यास ते सोडियम फ्ल्युओराइडसारखी फ्ल्युओराइड संयुक्ते मिसळतात. याला प्लविदीकरण प्रक्रिया म्हणतात. याउलट प्लविदांचे प्रमाण वाजवीपेक्षा जास्त असल्यास प्लविदीकरण-निरास प्रक्रिया करावी लागते.

प्रकरण नववे

पाण्याचे फेनदीकरण

९-१. फेनदीकरणाची आवश्यकता :

सछिद्र जाळ्या वापरून, किलाटनाच्या साहाय्याने निक्षेपण करून, गलंतिका वापरून आणि रोगजंतु-विनाशन करून अशुद्ध पाण्यातील तरंगणारी, आलंबित आणि कलिल अशुद्धे बाजूला काढून पाणी शुद्ध केले तरी त्यात विद्रुत अशुद्धे राहतातच. अशी विद्रुत अशुद्धे काढून टाकण्यासाठी काही खास प्रक्रिया कराव्या लागतात. जेव्हा पाण्यामध्ये मोठ्या प्रमाणात कॅलशियम आणि मॅग्नेशियम यांची बायकार्बोनेट, क्लोराइड किंवा सल्फेट यांच्याबरोबर संयुक्ते तयार करून विरघळलेल्या स्वरूपात असतात तेव्हा ते पाणी ‘अफेनद पाणी’ (कठीण पाणी) म्हणून ओळखले जाते. अशा पाण्याने साबणाबरोबर फेस तयार होत नाही, तर उलट बादलीच्या कडेच्या भागावर साका तयार होतो. तसेच कठीण पाणी भांड्यात उकळले असता किंवा त्याची वाफ केली असता भांड्याच्या तळाशी साका साठतो. तेव्हा पिण्यासाठी आणि कारखानदारीसाठी असे कठीण पाणी वापरण्यास अयोग्य असते. (पिण्याच्या पाण्याच्या बाबतीत १०° किंवा १०० भाग प्रतिदशलक्षापर्यंत अफेनदता चालू शकते.) लोकांना जास्तकरून मृदू किंवा फेनद पाणीच आवडते. त्याचे कारण कपडे धुण्यासाठी साबण कमी लागतो; अन्न लवकर शिजते व जळण वाचते; पाण्यातील रंग, लोह आणि मग्न नाहीसे झालेले असतात; पाण्यामुळे गंज चढत नाही; वाफेच्या बॉयलर्समध्ये साका साठत नाही वगैरे. याच कारणासाठी निरनिराळ्या कंपन्यांनी पाणी मृदू करण्याची घरगुती उपकरणे शोधून काढून ती बाजारात विक्रीसाठी आणली आहेत.

९-२. फेनदीकरणाच्या पद्धती :

पाण्याची कठिणता किंवा अफेनदता डिग्री किंवा भाग प्रतिदशलक्षमध्ये मोजतात किंवा लिहितात. १४·३ मिलिग्रॅम कॅलशियम कार्बोनेट १ लिटर पाण्यात विरघळवले तर १ डिग्री अफेनदता येते, आणि १०० मिलिग्रॅम कॅलशियम कार्बोनेट १ लिटर पाण्यात विरघळवले तर ७ डिग्री अफेनदता येते. (१ डिग्री = १४·३ भाग प्रतिदशलक्ष) पाण्यातील अफेनदता दोन तऱ्हेची असते. एक म्हणजे हंगामी किंवा कच्ची, आणि दुसरी म्हणजे कायमची किंवा पक्की. हंगामी अफेनदता पाणी उकळल्यास नाहीशी होऊन पाणी मृदू होते. तसेच पाण्यात चुना मिसळल्यानेही हंगामी अफेनदता जाऊ शकते. कायमच्या अफेनदतेच्या बाबतीत मात्र निरनिराळ्या प्रक्रिया कराव्यालागतात. कॅलशियम किंवा मॅग्नेशियम यांचा बायकार्बोनेटशी संयोग होऊन कर्बनित अफेनदता तयार होते, आणि ती हंगामी असते. याउलट क्लोराइड किंवा सल्फेट यांच्याशी संयोग झाल्याने अकर्बनित अफेनदता तयार होऊन ती कायमची असते.

फेनदीकरणाच्या एकूण चार पद्धती रूढ आहेत; त्या म्हणजे :

(अ) चुना-पद्धत, (ब) चुना-सोडा पद्धत, (क) झिओलाइट (आयनविनिमय) पद्धत, आणि (ड) अ-खनिजीकरण किंवा अ-आयनीभवन पद्धत.

अनुक्रमणिका

(अ) चुनापद्धत :पाण्यातील फक्त कर्बनीय अफेनदता चुना-पद्धतीने दूर करता येते. पाण्यात चुना मिसळल्याने कॅलशियम आणि मॅग्नेशियम यांच्या संयुक्तांचे रूपान्तर अनुक्रमे कार्बोनेटस् आणि हायड्रॉक्साइडस्मध्ये होते व पाणी मृदू बनते. कार्बोनेटस् आणि हायड्रॉक्साइडस् ही पाण्यात न विरघळणारी असल्यामुळे ती गलंतिकेत बाजूला काढली जातात.

कर्बनीय अफेनदता निर्माण होण्याची क्रिया—

H_2O	+	CO_2	=	H_2CO_3
(पावसाचे पाणी)		(हवेतील कर्ब)		(कॅरबॉनिक आम्ल)
CaO	+	$2\ H_2CO_3$	=	$Ca\ (HCO_3)_2 + H_2O$
(भूमीतील चुना)				(कॅलशियम बायकार्बोनेट पाण्यात विरघळून अफेनदता निर्माण होते.)

अफेनद पाण्यावरील चुन्याची क्रिया—

$Ca\ (HCO_3)_2$	+	$Ca\ (OH)_2$	=	$2\ CaCO_3 + 2\ H_2O$
		(चुना)		न विरघळणारे कॅलशियम कार्बोनेट

याचप्रमाणे—

$Mg\ (HCO_3)_2 + Ca\ (OH)_2 = Ca\ CO_3 + MgCO_3 + 2H_2O$

$MgCO_3 + Ca(OH)_2 = Mg\ (OH)_2 + CaCO_3$

न विरघळणारे मॅग्नेशियम हायड्रॉक्साइड

पाण्यात न विरघळणारे कॅलशियम कार्बोनेट आणि मॅग्नेशियम हायड्रॉक्साइडचे कण त्वरित निवळण्यासाठी तुरटीसारखे किलाटन वापरतात.

(ब) चुना-सोडा पद्धत :या पद्धतीमुळे पाण्यातील अ-कर्बनित अफेनदतासुद्धा दूर करता येते.

$CaSO_4$	+	Na_2CO_3	=	$CaCO_3$	+	Na_2SO_4
कॅलशियम सल्फेट		सोडियम कार्बोनेट		कॅलशियम कार्बोनेट		सोडियम सल्फेट
(अफेनदता निर्माण होते)		(सोडा-ॲश)		(न विरघळणारे)		(विरघळणारे)

तसेच—

$MgSO_4 + Ca\ (OH)_2 = Mg\ (OH)_2 + CaSO_4$

वरील दोन्ही रासायनिकक्रियेंतील सोडियम सल्फेट आणि कॅलशियम सल्फेट पाण्यात विरघळणारे असल्याने पाणी मृदू बनते. अशा रीतीने पाण्यात चुना आणि सोडा-ॲश मिसळल्याने कर्बनित आणि अकर्बनित अफेनदता दूर करता येते. आणि म्हणूनच या पद्धतीला चुना-सोडा पद्धत म्हणतात. चुना आणि सोडा वेगवेगळे अगर एकत्र पाण्यात मिसळतात. पाण्यात चांगले मिश्रण होऊन रासायनिक क्रिया

घडून येण्यासाठी ३० ते ६० मिनिटांचा अवधी लागतो. यानंतर पाण्यावर कणसंकलन आणि निक्षेपणाची क्रिया करण्यात येते, व त्यातील साका बाजूला होऊन उरलेले पाणी गलंतिकेत पाठविण्यात येते. गलंतिकेतून बाहेर येणारे पाणी अर्थातच स्वच्छ, शुद्ध आणि मृदू असते.

(क) झिओलाइट पद्धत (आयन-विनिमय पद्धत) : फेनदीकरणाच्या मागील दोन्ही पद्धतींत चुना आणि सोडा-ॲश ही रसायने पाण्यात मिसळावी लागली व त्यामुळे साका तयार झाला. परंतु झिओलाइट पद्धतीत कोणत्याही प्रकारचे रसायन पाण्यात मिसळावे लागत नाही. या पद्धतीत झिओलाइट पदार्थांच्या पाण्यातील कॅलशियम आणि मॅग्नेशियम स्वतःकडे खेचून घेऊन त्याऐवजी स्वतःजवळील सोडियम देऊन पाणी मृदू करण्याच्या शक्तीचा उपयोग केला जातो. यालाच आयन विनिमय पद्धत म्हणतात, व ती झिओलाइटसारख्या ऋणायन आणि धनायन विनिमय गुणधर्मामुळे शक्य होते.

आयन विनिमय पदार्थ जास्त शक्तीच्या आयनी द्रावणात ठेवले तर ऋणायनांची अदलाबदल ऋणायन विनिमयांनी होते आणि धनायनांची अदलाबदल धनायन विनिमयांनी होते. याचे कारण पदार्थांमधील आयनांची सैलसर रचना होय. ऋणायन विनिमय पदार्थांमध्ये (अ) झिओलाइट-हायड्रेटेड सोडियम ॲल्युमिनियम सिलिकेटस् ($NaAlSIO_4$ $3H_2O$), (ब) हिरवी वाळू, (क) सल्फोनेटेड कोळसे, (ड) कृत्रिम राळ– फेनॉल फॉरमालडेहाइड, सल्फोनेटेड पॉलिस्ट्रीन रेझिन्स वगैरे यांचा समावेश होतो. धनामय विनियत पदार्थांमध्ये विशेषतः कृत्रिम राळांचा समावेश होतो व त्यांचा वापर उद्योगधंद्यासाठी करतात.

नैसर्गिक झिओलाइटस् हिरव्या रंगाचे असतात व त्यांना ‘हिरवी वाळू’ (ग्रीन सँड) म्हणतात. कृत्रिम झिओलाइटस् पांढऱ्या रंगाचे व मोठ्या दाण्यांचे असतात व त्यांना ‘परम्युटिट’ म्हणतात. हिरव्या वाळूची अदलाबदल क्षमता दर घनमीटरला ६८०० ते ९००० ग्रॅम अफेनदता असते, तर परम्युटिटची क्षमता ३४,००० ते ४०,००० ग्रॅम असते. बरेचसे अफेनद पाणी झिओलाइट थरातून पाझरल्यावर अदलाबदल प्रक्रियेत झिओलाइटमधील सोडियम पूर्णपणे वापरलाजाऊन फेनदीकरणाचा गुणधर्म नाहीसा होतो. या वेळी सोडियमची जागा अफेनद पाण्यातील कॅलशियम आणि मॅग्नेशियम यांनी अदलाबदलीत घेतलेली असते. झिओलाइटला पूर्वस्थिती प्राप्त करून देण्यासाठी त्याचे ‘पुनरुज्जीवन’ करता येते. त्यासाठी पूर्वीच्याच झिओलाइटच्या थरांतून मिठाचे पाणी (सोडियम क्लोराइड) उलट दिशेने पाठवितात. त्यामुळे पुन्हा अदलाबदल प्रक्रियेने कॅलशियम आणि मॅग्नेशियमची जागा सोडियमने घेतली जाऊन झिओलाइटचे पुनरुज्जीवन होते. आता कॅलशियम आणि मॅग्नेशियम ही अनुक्रमे कॅलशियम क्लोराइडच्या आणि मॅग्नेशियम क्लोराइडच्या स्वरूपात घाण पाण्याबरोबर बाहेर पडते. यानंतर स्वच्छ पाण्याने झिओलाइटचे थर धुण्यात येऊन पुन्हा अफेनद पाण्याचे फेनदीकरण करण्यासाठी ते वापरता येतात. या रासायनिक क्रिया खाली दिल्या आहेत.

रासायनिक क्रिया :

फेनदीकरण → सोडियम झिओलाइट + कॅलशियम बायकार्बोनेट

Na_2R $Ca\ (HCO_3)_2$

= कॅलशियम झिओलाइट + सोडियम बायकार्बोनेट

अनुक्रमणिका

Ca R 2 $NaHCO_3$

वरीलप्रमाणेच कॅलशियम क्लोराइड, मॅग्नेशियम बायकार्बोनेट आणि कॅलशियम व मॅग्नेशियम सल्फेट यांच्यामुळे तयार झालेल्या अफेनद पाण्याच्या बाबतीत रासायनिक क्रिया घडून येतात व पाणी फेनद बनते.

पुनरुज्जीवन :

कॅलशियम किंवा मॅग्नेशियम झिओलाइट + सोडियम क्लोराइड

CaR or MgR 2 NaCl

= सोडियम झिओलाइट + कॅलशियम क्लोराइड किंवा मॅग्नेशियम क्लोराइड

Na_2R $CaCl_2$ or $MgCl_2$

झिओलाइट फेनदीकरण टाकी :

झिओलाइट फेनदीकरण टाकी गलंतिकेप्रमाणेच असते. मात्र वाळूऐवजी त्यात झिओलाइटचे थर असतात. हे थर जाड चाळाच्या थरावर ठेवलेले असतात. चाळाच्या थराखाली तळ-गटार योजना असते. झिओलाइट थराची जाडी ०·७५ ते १·० मीटर असते. या थरातून पाणी झिरपण्याचा दर प्रत्येक चौरस मीटरला दर मिनिटाला २५० ते ५०० लिटर असतो. अफेनद पाणी अंतर्मार्ग नलिकेतून झिओलाइट थरांवर पडते आणि फेनद पाणी तळ-गटार योजनेला जोडलेल्या बहिर्मार्ग नलिकेतून मापनयंत्रातून मोजून बाहेर येते. टाकीतील झिओलाइटची फेनदीकरण क्षमतानाहीशी झाल्यावर पुनरुज्जीवनासाठी ५ ते ७ टक्के शक्तीचा मिठाचा द्राव वापरतात.एका पुनरुज्जीवनासाठी १००० मिलिग्रॅम कॅलशियम कार्बोनेटसाठी ३ ते ३·३ ग्रॅम मीठ लागते. म्हणजेच १ ग्रॅम कॅलशियम ऑक्साइड साठी ५·६ ते ६·२ ग्रॅम मीठ लागेल, किंवा १ ग्रॅम कॅलशियम कार्बोनेटसाठी ३·१५ ते ३·५ ग्रॅम मीठ लागेल. दोनदा पुनरुज्जीवनासाठी १००० मिलिग्रॅम कॅलशियम कार्बोनेटसाठी २ ते २·३ ग्रॅम मीठ लागेल. फक्त पुनरुज्जीवनासाठी साधारणतः ५ मिनिटांचा अवधी लागतो. या अवधीत मिठाचे पाणी तळ-गटार योजनेमार्गे झिओलाइट थरांतून उलट दिशेने पाठविले जाते. पुनरुज्जीवन झाल्यावर मिठाचे पाणी बंद करून त्याऐवजी स्वच्छ पाणी उलट दिशेनेच सोडले जाते. त्यामुळे झिओलाइटचे थर स्वच्छ होतात व मिठाचा अंश राहात नाही. संपूर्ण पुनरुज्जीवनासाठी म्हणजे (१) नुसत्या पाण्याचा उलट प्रवाह सोडून झिओलाइटच्या थरांतील कण व इतर घाणीचे कण मोकळे होऊन ते बाहेर निघून जाणे, (२) मिठाचे द्रावण सोडून झिओलाइट कार्यक्षम करणे, आणि (३) पुन्हा स्वच्छ पाणी उलट दिशेने सोडून झिओलाइट स्वच्छ करून घेणे व जास्त राहिलेले मिठाचे पाणी काढून टाकणे. या सर्व गोष्टींसाठी एकूण २० ते ३० मिनिटांचा अवधी लागतो.

फेनदीकरणाच्या आयन-विनिमय पद्धतीमुळे खालील फायदे मिळतात :

(१) अफेनद पाण्याचे कोणत्याही डिग्रीपर्यंत फेनदीकरण करता येते.

(२) कोणत्याही प्रकारचा साका अजिबात तयार होत नाही.

अनुक्रमणिका

(३) पाणीवाटप योजनेत गाळ साठत नाही.

(४) तुलनात्मक दृष्ट्या झिओलाइट टाक्यांना कमी जागा पुरते.

(५) आयन-विनिमय प्रक्रिया ही आपोआप घडणारी क्रिया आहे.

(६) या प्रक्रियेसाठी जास्त कुशल कामगार लागत नाहीत.

(७) फेनद पाण्यात जास्त प्रमाणात रसायने राहण्याची भीती नाही.

(८) प्रथमचा आणि नंतर प्रक्रिया चालू ठेवण्याचा खर्च कमी येतो.

(ड) अ-खनिजीकरण किंवा अ-आयनीभवन पद्धत (Demineralization or deionisation process) : धातूच्या आयनची अदलाबदल हैड्रोजनने करणे यालाच अ-खनिजीकरण म्हणतात. आयनविनिमय प्रक्रियेत सोडियम ह्या मुख्य घटकाची अदलाबदल कॅलशियम आणि मॅग्नेशियमकरता होते तर अ-खनिजीकरण प्रक्रियेत सोडियमऐवजी हैड्रोजन ह्या मुख्य घटकाची अदलाबदल होते. अ-खनिजीकरण किंवा अ-आयनीभवन पद्धत ही अलीकडेच शोधून काढलेली नवीन पद्धत आहे. आणि त्यासाठी रेझिन्सचा वापर करण्यात येतो. ही पद्धत कारखान्यांना लागणाऱ्या पाण्यासाठी उपयोगात आणली जाते. द्रावणातील सर्व धातू किंवा मुख्य घटक काढून घेणारी शक्ती असलेले दोन पदार्थ आहेत. पाण्याच्या बाबतीत हैड्रोजनचीअदलाबदल होत असल्याने अशा प्रक्रियेत शिल्लक राहणारे स्राव्य हे अफेनद पाण्याच्या आयन-विनिमय फेनदीकरण प्रक्रियेतील सोडियम क्षाराच्या सौम्य द्रावणाऐवजी कॅरबॉनिक, सल्फ्युरिक, हैड्रोक्लोरिक आणि नायट्रिक यांचे सौम्य आम्लांचे मिश्रण असते.

फक्त रेझिन्स वापरूनच आयनांची अदलाबदल करून आम्लांचे मूलक काढून टाकता येतात. हैड्रोजन अवस्थेतील रेझिन्सच्या किंवा कर्बजन्य पदार्थांच्या थरातून एकदा गेलेले पाणी जर पुन्हा हैड्रॉक्सील अवस्थेतील रेझिन्सच्या थरातून पाठविले तर त्यातील आम्लमूलक रेझिन्समुळे बाजूला काढले जातात. उदा.— सल्फ्युरिक, हैड्रोक्लोरिक, नायट्रिक, आणि त्यांच्या बदल्यात त्यांचा हैड्रॉक्सील समूह तयार होतो; व अशा तऱ्हेने राहिलेले पाणी हे क्षारविरहित असते. ह्याच प्रक्रियेला अ-आयनीभवन किंवा अ-खनिजीकरण म्हणतात. खाली दिलेल्या रासायनिक क्रियांवरून याची कल्पना येईल.

$$(Ca, Mg, or\ Na_2)(HCO_3)_2 + \underset{\text{रेझिन}}{H_2R} \rightarrow (Ca, Mg\ or\ Na_2)R + 2H_2O + 2CO_2$$

त्याचप्रमाणे—

$$(Ca, Mg, or\ Na_2)(SO_4\ or\ Cl_2) + \underset{\text{रेझिन}}{H_2R} \rightarrow (Ca, Mg\ or\ Na_2)R + (H_2SO_4\ or\ 2HCl)$$

वरीलप्रमाणे अ-आयनीभवन प्रक्रिया होता होता काही वेळाने रझिनची कार्यक्षमता नाहीशी होते. त्यामुळे सल्फ्युरिक किंवा हैड्रोक्लोरिक आम्ल वापरून रेझिनच्या कार्यक्षमतेचे पुनरुज्जीवन करावे लागते. त्याच्या क्रिया खालीलप्रमाणे आहेत :

पुनरुज्जीवन :

$$(Ca, Mg \text{ or } Na_2)\ R + (H_2SO_4 \text{ or } 2\ HCl) \rightarrow (Ca, Mg \text{ or } Na_2)\ (SO_4 \text{ or } Cl_2) + H_2R$$

जास्त झालेले आम्ल डी-ॲसिडाइट (D) वापरून काढून टाकता येते.

$$D + (H_2SO_4 \text{ or } 2\ HCl) \rightarrow D\ (H_2\ SO_4 \text{ or } 2\ HCl)$$

D च्या पुनरुज्जीवनासाठी सोडियम कार्बोनेट वापरतात.

$$D\ (H_2SO_4 \text{ or } 2\ HCl) + Na_2CO_3 \rightarrow D + Na_2\ (SO_4 \text{ or } Cl_2) + H_2O + CO_2.$$

अ-खनिजीकरण प्रक्रियेत ऋणायन विनिमयाचे पुनरुज्जीवनासाठी आम्लाचा उपयोग आणि घनायन विनिमयाच्या पुनरुज्जीवनासाठी आल्कलीचा उपयोग करावा लागत असल्यामुळे उपकरणासाठी वापरण्यात येणारे पदार्थ आम्ल आणि आल्कलीविरोधक असावे लागतात. या कारणास्तव अ-आयनीभवनाच्या टाकीचे नळकांडेपारदर्शक प्लॅस्टिकचे, आणि नळ्या पॉलिथिनच्या व झडपा पॉलिथिन किंवा एबोनाइटच्या केलेल्या असतात. नळकांड्यात रेझिन्सचे थर असतात. पुनरुज्जीवनासाठी वापरावयाच्या द्रावणाच्या म्हणजे सौम्य हैड्रोक्लोरिक किंवा सल्फ्युरिक आम्लाच्या टाक्याही पारदर्शक प्लॅस्टिकच्या बनविलेल्या असतात. या सर्व कारणांस्तव पाण्याचा व धातूंचा संपर्क कोठेही येत नसल्याने पाणी शुद्ध राहते.

९-३. खारट पाण्याचे अलवणीकरण :

जगातील सर्व राष्ट्रांना पावसाच्या पाण्यावर अवलंबून राहावे लागते. सतत वाढणाऱ्या उद्योगधंद्यांमुळे पिण्यासाठी, स्वच्छतेसाठी, शेतीसाठी, वीज निर्मितीसाठी, आणि इतर कारखान्यांसाठी लागणाऱ्या पाण्याची मागणी वाढतच आहे. आणि त्यामुळे मुख्य पिण्याच्या पाण्याची कमतरता ही आज सर्व जगापुढील मोठी समस्या झाली आहे. ही समस्या सोडविण्यासाठी म्हणजेच जास्त पाणी उपलब्ध करण्यासाठी समुद्राच्या पाण्याचे अलवणीकरण, मेघबीजन करून कृत्रिम पाऊस पाडणे, शुद्धीकरणासाठी अणुशक्तीचा वापर करणे, आणि सांडपाणी पुन्हा उपयोगात आणणे यांसारखे प्रयत्न चालू आहेत. समुद्रामध्ये खारे पाणी विपुल असल्याने त्याचे अलवणीकरण करून गोड्या पाण्यात रूपांतर होऊन ते कमी किमतीत उपलब्ध होण्याच्या दृष्टीने अखंड प्रयत्न चालू आहेत.

समुद्राच्या पाण्याचे पृथक्करण केल्यावर सर्वसाधारणपणे त्यात खालील गोष्टींचा समावेश असल्याचे आढळून येते :

सोडियम क्लोराइड : ७७·७६ टक्के

अनुक्रमणिका

मॅग्नेशियम क्लोराइड	:	१०·८८ टक्के
मॅग्नेशियम सल्फेट	:	४·७४ टक्के
कॅलशियम सल्फेट	:	३·६० टक्के
पोटॅशियम सल्फेट	:	२·४६ टक्के
कॅलशियम कार्बोनेट	:	०·३४ टक्के
मॅग्नेशियम ब्रोमाइड	:	०·२२ टक्के

घनता : १·०२६ (शुद्ध पाण्याची घनता → १ असते.)

खारट पाणी गोडे करण्यासाठी क्षारांपासून (खारट पदार्थांपासून) पाणी बाजूला काढले पाहिजे, किंवा पाण्यातून क्षार तरी बाजूला काढले पाहिजेत. ह्या गोष्टी करण्यासाठी सध्या प्रचलित असलेल्या पद्धती म्हणजे ऊर्ध्वपातन, गोठविणे, विद्युत-द्विविश्लेषण, विपरीत जलाभिसरण आणि अन्य काही पद्धती या होत. याबद्दल थोडक्यात माहिती खाली दिली आहे.

(१) ऊर्ध्वपातन (Distillation) : ऊर्ध्वपातनाच्या प्रचलित अशाचार पद्धती असून बाष्पीभवनासाठी निरनिराळी उष्णता वापरली जाते. ऊर्ध्वपातन पद्धतीत खाऱ्या पाण्याचे उष्णतेने बाष्पीभवन करणे आणि तयार झालेल्या वाफेचे रूपान्तर गोड्या पाण्यात करणे या गोष्टींचा समावेश केला आहे.

(अ) गुणित टप्प्याचे ऊर्ध्वपातन (Multistage distillation) : एका कमी दाबाच्या टाकीतील मोकळ्या पाटात तापविलेले खारे पाणी सोडतात. यामुळे खाऱ्या पाण्याचा उत्कलनबिंदू खाली येतो आणि काही पाण्याचे त्वरित बाष्पीभवन होऊन वाफेत रूपातर होते. वाफेचे रूपान्तर द्रवात (पाण्यात) करण्यासाठी थंड आडव्या नळ्यांचा उपयोग करतात. नळ्या थंड ठेवण्यासाठी त्यात समुद्राचे थंड पाणी खेळवतात. नळ्यांच्या खालच्या बाजूस परातीसारखी भांडी असतात. त्यामध्ये वाफेपासून तयार झालेले गोडे पाणी पडते व साठते. अशा रीतीने कमी कमी दाब होत गेलेल्या अनेक टाक्या वापरून व त्यांमधील थंड नळ्यांचा उपयोग करून खाऱ्या पाण्यापासून गोडे पाणी तयार करतात व पंपाच्या साहाय्याने ते टाक्यांबाहेर काढून घेऊन साठवतात. नळ्यांमध्ये समुद्राचे खारे पाणी खेळवले असल्याने नळ्यांबाहेरील तपमान ८५° सें.च्या खाली राहिल्यास नळ्यांत कॅलशियम कार्बोनेटचे आवरण तयार होऊन उष्णता स्थानान्तर गुणांक आणि त्यामुळे एकंदर कार्यक्षमता कमी होते. तसेच तपमान जास्त वाढल्यास मॅग्नेशियम हायड्रॉक्साइडचे आवरण तयार होते म्हणून तपमान जास्तीत जास्त १२१° सेंटिग्रेडवर वाढू देत नाहीत.

(ब) गुणित परिणामकारक ऊर्ध्वपातन (Multiple effect distillation) : या पद्धतीत समुद्राच्या खाऱ्या पाण्याचे बाष्पीभवन करण्यासाठी वाफेचा उपयोग करण्यात येतो. लांब चिंचोळ्या उभ्या नळ्या वापरून बाष्पीभवन यंत्र तयार करतात व अशी अनेक यंत्रे एकाच वेळी टप्प्या-टप्प्याने उपयोगात आणतात. पहिल्या बाष्पीभवन यंत्रातील नळ्यांमधील खारे पाणी नळ्यांबाहेरील वाफेच्या साहाय्याने तापवतात. हे पाणी उकळत्या अवस्थेत नळ्यांमधून खाली पडत राहते. त्याच वेळी नळ्यांबाहेरील वाफ आणि नळ्यांमधून खाली पडणारे उकळते खारे पाणी यांचे मिश्रण तयार होते. पैकी उकळणारे खारे पाणी पंपाच्या साहाय्याने लगतच्या दुसऱ्या बाष्पीभवन यंत्रातील नळ्यांच्या वरच्या बाजूच्या तोंडात सोडले जाते व वाफेचा उपयोग या नळ्यांतील पाणी आणखी तापवण्यासाठी करतात. या दुसऱ्या बाष्पीभवन यंत्रातील दाब थोडा कमी

अनुक्रमणिका

ठेवलेला असतो. त्यामुळे पाण्याचा उत्कलन बिंदू खाली येऊन पाणी लवकर उकळण्यास मदत होते. याच पद्धतीने पुढच्या सर्व बाष्पीभवन यंत्रातून वाफेच्या साहाय्याने नळ्यांतील खारे पाणी उकळण्याचे कार्य चालू ठेवले जाते. प्रत्येक वेळी नळ्यांतून बाहेर पडणाऱ्या उकळत्या पाण्याबरोबरच्या काही वाफेचे रूपांतर द्रवात म्हणजेच गोड्या पाण्यात होऊन असे गोडे पाणी यंत्राच्या तळाशी साठत राहते. पंप वापरून हे गोडे पाणी प्रत्येक बाष्पीभवन यंत्राबाहेर काढले जाते. सर्वातशेवटच्या यंत्रातील नळ्यांमधील खाऱ्या पाण्याचा खारटपणा मूळच्या समुद्राच्या खारटपणाच्या चौपट झालेला असतो.

(क) बाष्पदाब ऊर्ध्वपातन (Vapour compression distillation) : या पद्धतीत खारे पाणी उकळले असताना तयार होणारी वाफ यांत्रिक पद्धतीने दाबतात. त्यामुळे बाष्पदाब आणि तपमान वाढते. अशी वाफ बाष्पीभवन यंत्रातील नळ्यांमधील खारे पाणी तापविण्याकरता करतात. त्याच वेळी काही वाफेचे गोड्या पाण्यात रूपान्तर होते.

(ड) सौर ऊर्ध्वपातन(Solar distillation) : या पद्धतीत समुद्राच्या खाऱ्या पाण्याचे बाष्पीभवन करण्यासाठी सूर्याच्या किरणांपासून मिळणाऱ्या उष्णतेचा उपयोग करण्यात येतो. पसरट आणि उथळ भांड्यांमध्ये खारे पाणी ठेवून त्यावर पारदर्शक काचेचे किंवा प्लॅस्टिक पत्र्यांचे उतरते आवरण घालतात. खाऱ्या पाण्याची उष्णतेमुळे तयार झालेली वाफ उतरत्या आवरणाच्या आतील बाजूंवर साठते व आवरण थंड असल्याने वाफेचे गोड्या पाण्यात रूपान्तर होऊन हे पाणी उतरत्या आवरणाच्या तळाशी असलेल्या पन्हळात ओघळून पडत राहते. खाऱ्या पाण्याचे मोठ्या प्रमाणावर गोडे पाणी करावयाचे झाल्यास ही पद्धत सोयीची पडत नाही. कारण मोठी जागा व खर्चिक बांधणीची जरुरी असते. उष्ण प्रदेशात जेथे विपुल सूर्यप्रकाश उपलब्ध होतो व खारे पाणी जवळच मिळू शकते अशाच ठिकाणी सौर ऊर्ध्वपातन पद्धत जास्त सोयीची ठरते.

(२) गोठवणे :पाण्यातील क्षारांमुळे त्याचा गोठणबिंदू खाली येतो. समुद्राचे खारे पाणी सर्वसाधारणपणे – २° सेंटिग्रेड तपमानाला गोठते. क्षारांची तीव्रता वाढवून हे तपमान आणखीही खाली आणता येते. आणि अशा तपमानातील फरकाचा उपयोग क्षारयुक्त खाऱ्या पाण्यापासून गोडे पाणी बाजूला करण्याकरता होतो. गोड्या पाण्याचा गोठणबिंदू पोहोचताच त्याचे बर्फ बनते व बाकी खारट पाणी द्रवरूपातच राहते. त्यामुळे बर्फाचे तुकडे बाजूला काढून, स्वच्छ धुवून, वितळवले असता गोडे पाणी मिळू शकते. गोठवणे या तत्त्वाचा उपयोग करून गोडे पाणी मिळवण्याच्या खालील दोन पद्धती आहेत :

(अ) निर्वात गोठण पद्धत :या पद्धतीत एका निर्वात टाकीतील परिपूर्ण दाब ३ मिलिमीटर पाऱ्याइतका ठेवलेला असतो. या टाकीत थंड केलेल्या खाऱ्या पाण्याचा फवारा उडवण्यात येतो. फवाऱ्यातील काही पाण्याची ताबडतोब वाफ होते आणि त्याच वेळी राहिलेल्या पाण्यातील उष्णता काढून घेतली जाते. टाकीत पाणी गोठण्यास आवश्यक अशी स्थिती ठेवल्यामुळे बर्फाचे खडे ताबडतोब तयार होतात. बर्फ व राहिलेला खारा द्राव हा टाकीतून बाहेर काढून त्यातील बर्फ बाजूला करून ते स्वच्छ धुवून व वितळवून गोडे पाणी तयार करण्यात येते.

(ब) दुय्यम शीतकारी पदार्थ :या पद्धतीत ब्युटेनसारख्या पाण्यात न मिसळणाऱ्या हायड्रोकार्बन शीतकारी द्रव पदार्थ वापरतात. हा पदार्थ खाऱ्या पाण्यात मिसळल्याबरोबर खाऱ्या पाण्यातील उष्णतेमुळे त्या पदार्थाचे ताबडतोब बाष्पीभवन होते. अशा रीतीने खाऱ्या पाण्याचे तपमान खाली येत येत त्यातील

गोड्या पाण्याचे बर्फ बनते व ते राहिलेल्या खाऱ्या पाण्यापासून वेगळे काढण्यात येते. बर्फाचे खडे स्वच्छ धुण्यात येतात व ब्युटेनच्या दाबलेल्या वाफेपासून तयार होणाऱ्या उष्णतेने वितळवण्यात येऊन गोडे पाणी तयार होते.

(३) **विद्युत द्विविश्लेषण** (Electro-dialysis) : काही अर्धप्रवेशक्षम पडद्यांचा गुणधर्म असा असतो की, ते फक्त घनायन किंवा ऋणायन यांनाच त्यांच्यातून जाऊ देतात. अशा पडद्यांचा उपयोग विद्युत द्विविश्लेषण पद्धतीत केला जातो. मोठाल्या टाक्यांमध्ये असे अनेक पडदे ठेवलेले असतात व पडद्यांमध्ये अंतर ठेवून तेथे पन्हळे बसविलेली असतात. या पन्हळांत खारे पाणी वाहात ठेवतात व त्याच वेळी कमी दाबाचा विद्युत प्रवाह खाऱ्या पाण्याच्या प्रवाहाच्या काटकोनात पडद्यांमधून सोडतात. या विद्युत प्रवाहाच्या दिशेत खाऱ्या पाण्यातील सोडियमचे घन आयन घनायन वाहू पडद्यांमधून जातात आणि विद्युत प्रवाहाच्या उलट दिशेला क्लोरिनचे ऋण आयन ऋणायनवाहू पडद्यांमधून जातात. अशी रीतीने पडद्यांमधील एकाडएक पन्हळांतील क्षार बाजूला जाऊन त्यात गोडे पाणी राहते तर त्याच्याच शेजारील पन्हळातील खाऱ्या पाण्याची तीव्रता अधिक वाढते. अशा पद्धतीने केलेले खाऱ्या पाण्याचे अलवणीकरण हे वापरलेल्या विद्युत प्रवाहाच्या सम-राशी प्रमाणात असते.

(४) **विपरीत जलाभिसरण** (Reverse osmosis) : यालाच व्युत्क्रम जलाभिसरण असेही म्हणतात. अर्धप्रवेशक्षम पडद्याच्या एका बाजूस खारे पाणी व दुसऱ्या बाजूस गोडे पाणी ठेवले तर जलाभिसरण दाब असताना गोडे पाणी पडद्यामधून दुसऱ्या बाजूच्या खाऱ्या पाण्याकडे जाते. याच्या उलट आता खाऱ्या पाण्याकडील बाजूवर जर नेहमीच्या जलाभिसरण दाबापेक्षा जास्त दाब दिला तर खाऱ्या पाण्यातील फक्त गोडे पाणी पडद्याच्या दुसऱ्या बाजूकडील गोड्या पाण्याकडे जाईल. यालाच विपरीत जलाभिसरण म्हणतात. हेच तत्त्व दुसऱ्या प्रकारेही मांडता येईल. अतिसूक्ष्म छिद्रे असलेल्या चाळणीच्या एका बाजूस खारे पाणी ठेवून त्यावर दाब वाढवला तर फक्त गोड्या पाण्याचे कण चाळणीतील छिद्रांतून पलीकडे जाऊ शकतील, आणि क्षारांच्या कणांचा आकार चाळणीतील छिद्रांच्या आकारापेक्षा मोठा राहिल्याने ते पलीकडे जाऊ शकणार नाहीत व अशा रीतीने गोडे पाणी वेगळे करता येईल. याच तत्त्वाचा उपयोग करून सेल्युलोज ॲसिटेटचे पडदे वापरून जर चौरस सेंटिमीटरला ४० ते १०५ किलोग्रॅम इतका दाब ठेवून ५००० ते ३५,००० भाग प्रतिदशलक्ष भाग विद्युत क्षार असलेल्या पाण्यापासून गोडे पाणी मिळवता येते व अशा गोड्या पाण्याचे परिमाण १२०० ते ६०० लिटर, दर दिवशी पडद्याच्या दर चौरसमीटरला, इतके राहते.

(५) इतर काही पद्धती :

(अ) आयन विनिमय पद्धत :(Ion-exchange process) ज्या खाऱ्या पाण्यातील एकूण विद्युत पदार्थ ३००० भाग प्रतिदशलक्ष आहेत अशा पाण्याचे गोड्या पाण्यात रूपान्तर करण्यासाठी आयन विनिमय पद्धत उपयोगी पडते. ही पद्धत विशेषकरून कारखान्यासाठी लागणाऱ्या पाण्यातील थोड्या प्रमाणात असणारे क्षार काढून टाकण्यासाठी अगर पाण्याचे फेनदीकरण करण्यासाठी वापरतात व ते करण्यासाठी पाणी विशिष्ट राळांच्या मिश्रणाच्या थरांतून पाठवितात. क्षार काढून घेण्याचे कार्य राळ (रेझिन) करते व हे कार्य ऋण व धन आयन विनिमय तत्त्वावर चालते. काही काळानंतर राळातील शक्ती नाहीशी होते व त्याचे पुनरुज्जीवन करण्यासाठी काही रसायने वापरावी लागतात.

(ब) हायड्रेट पद्धत :या पद्धतीत खारे पाणी प्रोपेनसारख्या हायड्रेट तयार करणाऱ्या वायूबरोबर मिसळतात व त्यामुळे न विरघळणाऱ्या घन हायड्रेटचे स्फटिक तयार होतात. हे स्फटिक व राहिलेले खारे पाणी यांमधून स्फटिक बाजूला काढून ते स्वच्छ धुतात आणि उष्णता व दाब यांचा उपयोग करून स्फटिकापासून गोडे पाणी तयार होते.

(क) हायड्रोकार्बन पद्धत :या पद्धतीत तापविलेल्या खाऱ्या पाण्याचा उष्ण हायड्रोकार्बन द्रवाशी दाबाखाली संयोग घडवून आणून खाऱ्या पाण्यापासून गोडे पाणी बाजूला काढतात. हायड्रोकार्बन आणि गोडे पाणी यांचा बनलेला संमिश्र पदार्थ राहिलेल्या खाऱ्या पाण्यापासून बाजूला काढून पुन्हा उष्णतेच्या साहाय्याने त्यातील फक्त गोडे पाणी दूर करता येते, व हायड्रोकार्बन द्राव पुन्हा उपयोगात आणता येतो.

(ड) तृणस्फटिक पद्धत(Amber process) : फॉर्मिलिन व फॉर्मिक आम्लांपासून कृत्रिम तृणस्फटिक (अंबर) तयार करून त्यापासून नळ्या बनवितात. तसेच ॲनिलिन व फॉर्मिलिन यांच्यापासून कृत्रिम राळ तयार करून त्यापासून दुसऱ्या नळ्या तयार करतात. समुद्राचे खारे पाणी प्रथम तृणस्फटिकाच्या अनेक नळ्यांतून सोडण्यात येते. तेव्हा त्या पाण्यातील धातू व अल्कली हे पदार्थ नळ्या शोषून घेतात. त्यानंतर या नळ्यांतून बाहेर पडणारे पाणी राळेच्या तळ्यांत सोडतात; तेव्हा पाण्यातील आम्लयुक्त भाग नळ्यांकडून शोषला जाऊन बाहेर पडणारे पाणी पिण्यायोग्य गोडे बनलेले असते.

(इ) अणुशक्तीचा वापर :अणुभट्टीत अणूंचे विभाजन होत असताना निर्माण होणाऱ्या प्रचंड उष्णतेचा उपयोग करून खाऱ्या पाण्याचे गोड्या पाण्यात रूपांतर करण्याचे प्रयोग सध्या चालू असून ते बरेच आशादायी ठरत आहेत. खर्चाच्या दृष्टीनेही अणुशक्ती वापरण्याची वरील पद्धत किफायतशीरच आहे.

अनुक्रमणिका

प्रकरण दहावे

जलपंप-वहन

१०-१. पंपांची आवश्यकता :

पाणीपुरवठा याजनेमध्ये एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणी पाणी वाहून नेण्यासाठी पंपाचा उपयोग करावा लागतो. ज्या कारणांसाठी पंप वापरावा लागतो ती कारणे अशी :

(अ) पाण्याच्या उगमस्थानापासून अशुद्ध पाणी जलशुद्धीकरण केंद्रापर्यंत नेण्यासाठी. (ब) शुद्ध केलेले पाणी उंचावरील टाकीत साठवण्यासाठी. (क) शुद्ध पाणी-वाटप-नळ्यांमध्ये थेट नेऊन सोडण्यासाठी. (ड) विहिरीतील पाणी उपसून ते उंचावरील टाकीत साठवण्यासाठी. यासाठी दोनदा पंप वापरावे लागतात. एक म्हणजे विहिरीतील पाणी जमिनीच्या पातळीपर्यंत आणण्यासाठी व दुसरे म्हणजे जमिनीपासून ते टाकीच्या उंचीपर्यंत नेण्यासाठी. (इ) पाणीवाटपाच्या नळ्यांतील पाण्याचा दाब पंपाच्या साहाय्याने वाढवण्यासाठी. (फ) शहरातील विवक्षित भागास पाणी पुरवणाऱ्या उंच पातळीवरील टाकीत पाणी भरण्यासाठी. (ग) अग्निशमनाकरिता पाणी दाबाने पुरवण्यासाठी, जमिनीखालील मोठमोठ्या टाक्यांतील पाणी उपसून टाक्या मोकळ्या करण्यासाठी, जलशुद्धीकरण प्रक्रियेत रासायनिक द्राव पुरवण्यासाठी, गलंतिका धुण्यासाठी, इत्यादी अनेक गोष्टींकरता पंप वापरावे लागतात.

थोडक्यात म्हणजे, जेथे जेथे पाणी केवळ गुरुत्वाकर्षणाने वाहून नेणे शक्य नसते आणि तसेच जेथे जेथे दाबयुक्त पाणी पाहिजे असते तेथे तेथे पंप वापरणे आवश्यक ठरते.

१०-२. पंपाची योग्य निवड :

पंपाची योग्य निवड करण्यासाठी खालील माहितीची आवश्यकता असते :

(अ) किती पंप वापरावयाचे त्याचा आकडा, (ब) पंपाने खेचावयाच्या द्रावाचा प्रकार, (क) पंपाची क्षमता, (ड) पंपाच्या शोषण बाजूची स्थिती, (इ) पंपाच्या वितरण बाजूची स्थिती, (फ) पाणी चढवण्याची एकूण उंची, (ग) खंडित किंवा अखंड पाणीपुरवठा, (ह) पंपाची स्थिती– आडवी का उभी, (ज) पंप बसविण्याची जागा, (ल) पंपासाठी वापरावयाच्या शक्तीचा प्रकार.

१०-३. पंप चालविण्यासाठी लागणाऱ्या शक्तीचे प्रकार :

पाणी खेचण्यासाठी पंपातील पंखा (इम्पेलर) फिरवावा लागतो व त्यासाठीसर्वसाधारणपणे वाफेचे इंजिन, पेट्रोल इंजिन, डिझेल इंजिन, किंवा विद्युत चलित्र (मोटर) वापरण्यात येते. कोणत्या प्रकारची शक्ती वापरावयाची ते अर्थातच काटकसरीवर अवलंबून राहील.

(अ) वाफेची शक्ती :जेथे विजेचा प्रवाह उपलब्ध नाही आणि पंपगृहाचे ठिकाण अलग आहे अशा ठिकाणी वाफेवर चालणाऱ्या इंजिनाचा वापर करतात. वाफ तयार करण्यासाठी लागणारे जळण जर विपुल

अनुक्रमणिका

प्रमाणात उपलब्ध असेल तर वाफेवर इंजिन चालविणे स्वस्त पडते. अशा इंजिनाची कार्यक्षमता मात्र कमी असते. मोठ्या पंपगृहांकरिता वाफेची इंजिने वापरण्यात येतात.

(ब) विद्युत शक्ती :मध्यम आणि लहान पंपगृहांसाठी विद्युत शक्तीवर चालणारी इंजिने वापरतात. विद्युत शक्तीवर चालणारे पंप आटोपशीर बांधणीचे, कमी जागा लागणारे, मोठ्या कार्यक्षमतेचे आणि दिसण्यात स्वच्छ व सुबक असतात. आजकाल विद्युतप्रवाह उपलब्ध असल्याने ही शक्ती वापरण्यासाठी लागणारा सुरुवातीचा खर्च फारच कमी येतो.

(क) डिझेल शक्ती :केन्द्रोत्सारी (सेन्ट्रिफ्युगल) पंपाला थेट जोडण्यासाठी लागणाऱ्या गतीपेक्षा डिझेल इंजिनाची गती कमी पडत असल्यामुळे डिझेल शक्तीवर चालणारी इंजिने फारशी वापरीत नाहीत. मात्र अशी इंजिने विश्वासपात्र आणि कमी खर्च येणारी असतात.

(ड) गॅसोलिन शक्ती :गॅसोलिन किंवा पेट्रोलवर चालणाऱ्या इंजिनांची गती बरीच असल्याने पंपाला थेट जोडणे शक्य होते. मात्र अशी इंजिने कायम वापरावयाची झाल्यास ते जास्त खर्चाचे पडते. बहुतेककरून पेट्रोलवर चालणारी इंजिने हातचे राखून ठेवण्यासाठी किंवा राखीव (स्टॅन्ड बाय) म्हणूनच वापरतात.

१०-४. पंपाचे प्रकार :

पंपांची वर्गवारी ते ज्या तत्त्वावर चालतात किंवा ज्या कारणासाठी वापरतात त्याप्रमाणे करतात. पंपांची वर्गवारी खालीलप्रमाणे करता येईल :

(१) जलोत्सारण (सरक) पंप (Displacement pump).
- (अ) इतस्ततोगामी पंप (Reciprocating pump).
- (ब) परिपंप किंवा परिघूर्ण पंप (Rotary pump).

(२) वेगीय पंप (Velocity pump).
- (अ) केन्द्रोत्सारी पंप (Centrifugal pump).
- (ब)फवारा पंप (Jet pump).

(३) उद्धरणशक्ती पंप (Buoyancy pump).
- वाताकर्षक पंप (Air-lift pump).

(४) जोस (धक्का) पंप (Impulse pump).
- जलमेष पंप (Hydraulic ram).

(१) जलोत्सारण पंप : एका दंडगोलामध्ये दट्ट्या बसविलेला असतो. दंडगोलाच्या एका बाजूस पाण्यात बुडविलेली अंतर्मार्ग नळी व झडप बसविलेली असते. दंडगोलातील दट्ट्या मागे ओढल्यावर दंडगोलात निर्वात जागा तयार होते व त्याच वेळेस अंतर्मार्ग नळी व झडपेतून पाणी खेचले जाते. दट्ट्या

अनुक्रमणिका

पुढे ढकलताच अंतर्मार्ग झडप बंद होऊन बहिर्मार्ग झडप उघडली जाते व या झडपेतून बहिर्मार्ग नळीतून खेचलेले पाणी बाहेर उंच पातळीवर रेटले जाते. पूर्वीप्रमाणे दट्ट्या पुन्हा पुढे सरकू लागताच बहिर्मार्ग झडप बंद होते आणि त्यामुळे एकदा उंच पातळीवर रेटलेले पाणी परतून दंडगोलात येऊ शकत नाही. दट्ट्याची पुढे व मागे होण्याची क्रिया सतत चालू राहिल्यावर पाणी खालच्या पातळीवरून वरच्या पातळीकडे सतत वाहात राहते.

(१-अ) शास्ततोगामी (रिसिप्रोकेटिंग) **पंप:**यात वरील तत्त्वाचा उपयोग केला आहे. या पंपाचेही दोन प्रकार आहेत. ते म्हणजे एकक्रिया पंप, आणि द्विक्रिया पंप. एकक्रिया पंपात एक अंतर्मार्ग झडप व एक बहिर्मार्ग झडप असते; व वर वर्णन केल्याप्रमाणे या पंपाचे कार्य चालते. द्विक्रिया पंपात दट्ट्याच्या दोन्ही बाजूंस दोन दोन झडपा असतात. दोन झडपांत एक अंतर्मार्ग व दुसरी बहिर्मार्ग झडप असते. अशा झडपांमुळे दट्ट्या पुढे आणि मागे सरकताना दोन्ही वेळेस पाणी उपसले जाऊन बाहेर पाठविले जाते. द्विक्रिया पंपाने एकक्रिया पंपापेक्षा दुप्पट पाणी खेचता येते.

(१-ब) परिपंप किंवा परिघूर्ण पंप :हा पण जलोत्सारण पंपाचाच एक प्रकार असून या पंपात झडपा नसतात. पंपाच्या आवरणात दोन विशिष्ट आकाराचे घटक (फिरणारी चक्रे) असतात. या घटकांच्या एका बाजूस पाण्याचा अंतर्मार्ग असतो तर विरुद्ध बाजूस बहिर्मार्ग असतो. घटक फिरू लागताच पाणी पंपात खेचले जाते व विरुद्ध बाजूच्या बहिर्मार्गातून बाहेर पाठविले जाते. या पंपामुळे पाण्याचा एकसारखा (सम वेगाचा) प्रवाह मिळू शकतो. परंतु मोठ्या प्रमाणावर पाणी खेचण्यासाठी हा पंप योग्य नाही. जलकेंद्रात हा पंप फारसा वापरत नाहीत.

(२-अ) केन्द्रोत्सारी पंप :

या पंपात मध्यभागी एक फिरणारा पंखा असतो. पंख्याची पाती (पडदे) केन्द्रापासून निघतात व ती काहीशी वक्र आणि खोलगट असतात. पंखा फिरू लागताच अंतर्मार्गातून पाणी पंपात खेचले जाते व केन्द्रोत्सारी शक्तीमुळे ते बहिर्मार्गातून पंपाबाहेर फेकले जाते. केन्द्रोत्सारी पंपाची वैशिष्ट्ये खालीलप्रमाणे आहेत :

केन्द्रोत्सारी पंप हा जास्त वेगाचा पंप असून त्याचा वेग दर मिनिटाला १००० फेऱ्यांपेक्षा जास्त असतो.

पंपाने बाहेर टाकल्या जाणाऱ्या पाण्याचे परिमाण एकसारखे असते, आणि त्यामुळे पंप चालविण्यासाठी लागणारी शक्तीही एकसारखीच लागते. पंपाचा वेग जास्त असल्यामुळे तो विद्युत-मोटरीला थेट जोडता येतो. या पंपाच्या साहाय्याने पाणी ज्या उंचीपर्यंत खेचून नेता येईल ती उंची पंपातील पंख्याच्या वेगावर अवलंबून राहील.

केन्द्रोत्सारी पंपाची योजना फारच आटोपशीर असल्याकारणाने पंप बसविण्याकरता जलोत्सारण पंपापेक्षा कमी जागा पुरते.

पंपाच्या देखभालीचा खर्च जलोत्सारण पंपापेक्षा कमी येतो.

अनुक्रमणिका

केन्द्रोत्सारी पंपाची कार्यक्षमता ५५ ते ७५ टक्क्यांपर्यंत असते.

केन्द्रोत्सारी पंप जलोत्सारण पंपापेक्षा लवकर सुरू करता येतो.

केन्द्रोत्सारी पंपाचे फायदे :

पंपाचा साधेपणा, विश्वासपात्रता आणि चालू करण्यातील सोपेपणा हे केन्द्रोत्सारी पंपाचे मुख्य फायदे आहेत. पंपातून बाहेर पडणारे पाणी एकसारखे सतत पडते; त्यामध्ये धक्के किंवा स्पंदन नसते. केन्द्रोत्सारी पंपात थरथर किंवा कंपने नसल्यामुळे पंप बसविण्यासाठी लागणारा पाया साध्या प्रकारे बांधता येतो. या पंपाच्या बाबतीत जास्त वेग, कमी जागा, कमी वजन, आणि इतर पंपांच्या मानाने कमी किंमत, असे दुसरेही फायदे आहेत. केन्द्रोत्सारी पंपातून बाहेर पडणारे पाणी बहिर्मार्ग नळीवरील झडप बंद करून थांबविता येते. असे करताना धोकादायक दाब निर्माण होत नाही, किंवा पंपास जोडलेली विद्युत-मोटरही बंद करावी लागत नाही. हा एक फार मोठा फायदा आहे.

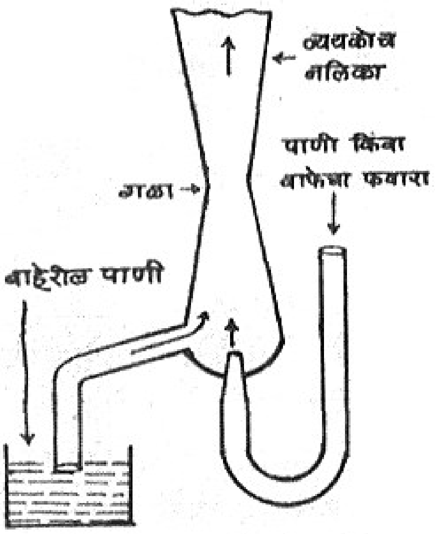
(२-ब) फवारा पंप :

एका व्ययकोच नलिकेच्या गळ्यामध्ये पाण्याचा किंवा वाफेचा जोरदार फवारा सोडला असता तेथे कमी दाब निर्माण होतो व त्यामुळे बाहेरील पाणी व्ययकोच नलिकेत खेचले जाते. या नलिकेच्या दुसऱ्या तोंडापर्यंत पाणी पोहोचेतो बरीच दाब-उंची निर्माण झालेली असते. फवारा पंपाला उत्सर्जक उत्क्षेपक असेही म्हणतात. याची कार्यक्षमता १५ ते ३० टक्के असते. विशेषतः खोल विहिरीतून पाणी खेचण्यासाठी, बॉइलरपर्यंत पाणी पोहोचविण्यासाठी, मैला-पाण्यातील साका उपसण्यासाठी या पंपाचा उपयोग करतात (आकृती ३५ पाहा).

(३) वाताकर्षक पंप :

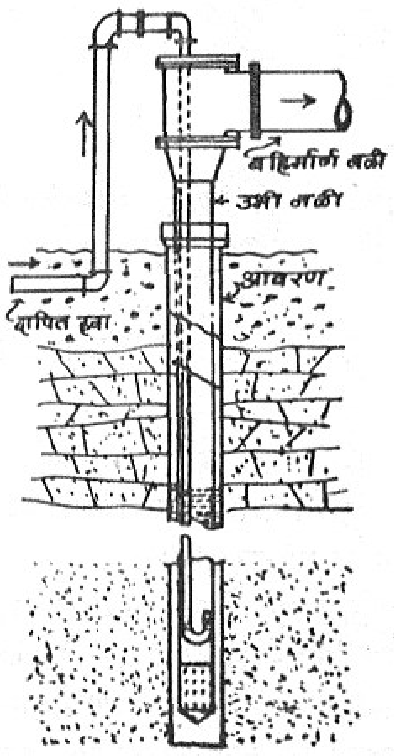
हा पंप खोल विहिरीतील पाणी उपसण्यासाठी वापरतात. या पंपात हालणारे असे कोणतेच भाग नसतात. त्यामुळे याचा उपयोग मातीमिश्रित पाणी, तीव्र आम्ल किंवा अल्कलीयुक्त पाणी खेचण्यासाठी होतो. एरवी अशा पदार्थांच्या संयोगामुळे पंपातील हालणारे भाग गंजतात. मात्र अशा पंपाची कार्यक्षमता फारच कमी असते.

फवारा पंप



आकृती ३५

वाताकर्षक पंप



आकृती ३६

वाताकर्षक पंपाची रचना अत्यंत साधी असते. एका उभ्या नळीबाहेर दुसऱ्या नळीचे आवरण असते. उभी नळी बहिर्मार्ग नळीला जोडलेली असते. उभ्या नळीत खालच्या टोकापर्यंत एक बारीक नलिका असते व ती हवा-दाबयंत्राला जोडलेली असते. सुरुवातीला उभ्या नळीत व नळीबाहेर (नळीच्या बाहेरील बाजू आणि दुसऱ्या नळीचे आवरण यांमधील जागेत) पाण्याची पातळी एकच असते. जेव्हा हवा-दाबयंत्राला जोडलेल्या नलिकेच्या खालच्या तोंडावर बसविलेल्या जाळीतून दापित हवा उभ्या नळीत येते तेव्हा नळीतील पाणी व हवा यांचे मिश्रण तयार होते. या मिश्रणाचे वजन तितक्याच परिमाणाच्या निव्वळ पाण्याच्या वजनापेक्षा कमीझाल्याने उभ्या नळीतील दाब नळीबाहेरील दाबापेक्षा कमी होतो व त्यामुळे नळीबाहेरील पाणी नळीत शिरते; आणि जेव्हा पुरेशी दापित हवा उभ्या नळीत येते तेव्हा पाणी बाहिर्मार्ग नळीतून बाहेर पडू लागते.

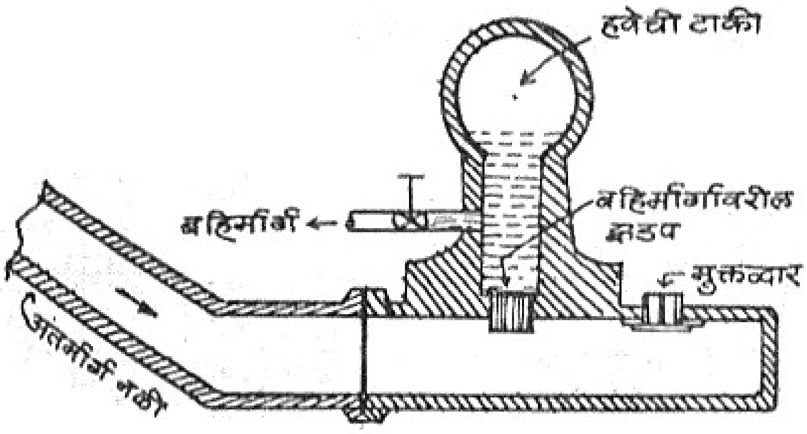
(४) जलमेष पंप :

एखाद्या वाहत्या पाण्याच्या प्रवाहात पाणी थोड्या उंचीवरून जर पडत असेलतर ते पाणी जलमेष पंपाच्या साहाय्याने जास्त उंचीपर्यंत नेता येते. जलमेष पंपाने पाणी पडण्याच्या सुरुवातीच्या उंचीच्या ३० पट उंचीपर्यंत पाणी नेता येते. जलमेष पंप एकदा सुरू केल्यावर त्याकडे फारसे लक्ष द्यावे लागत नाही. जलमेष पंपात पाणी प्रथम अंतर्मार्ग नळीतून आत येऊ लागते व एका मुक्त द्वारातून बाहेर पडत राहते. गुरुत्वाकर्षणामुळे किंवा स्प्रिंगमुळे मुक्तद्वार उघडे राहते. अंतर्मार्ग नळीतून येणाऱ्या पाण्याचा वेग वाढताच मुक्तद्वार एकदम बंद होते आणि त्यामुळे आत येणाऱ्या पाण्याला एकदम धक्का बसतो. या धक्क्यामुळे पंपातील पाण्याच्या बहिर्मार्ग बाजूवर बसविलेली झडप उघडली जाते. या झडपेवर एक हवेची लहान टाकी

अनुक्रमणिका

असते. धक्क्यामुळे काही पाणी बहिर्मार्ग झडपेतून हवेच्या टाकीत जाते व तेथून ते बहिर्मार्ग नळीवाटे पंपाबाहेर जाते. जेव्हा धक्का नाहीसा होतो तेव्हा मुक्तद्वार उघडले जाते व त्यातून पाणी बाहेर पडू लागते. पुन्हा पाण्याच्या वेगामुळे मुक्तद्वार बंद होते, धक्का निर्माण होतो, काही पाणी हवेच्या टाकीत जाते व तेथून बहिर्मार्ग नळीवाटे बाहेर पडते. हीच क्रिया पुन्हा पुन्हा होत राहून जलमेष पंप पाणी उंचावर खेचून नेतो या पंपाची कार्यक्षमता ५० टक्क्यांपर्यंत असते. हवेच्या टाकीतील काही हवा विरघळली जाते व पाण्याबरोबर बाहेर जाते. परंतु एका वेगळ्या झडपेमुळे कमी झालेली हवा पुन्हा हवेच्या टाकीत घेतली जाते; आणि अशा प्रकारे टाकीतील हवेचे योग्य ते परिमाण राखले जाते.

जलमेष पंप



आकृती ३७

१०-५. पंपगृह-रचना व कार्य :

खालच्या पातळीवरून पाणी वरच्या पातळीवर वाहून नेणे हे गुरुत्वाकर्षणाने शक्य होत नाही. अशा वेळी पंपाचाच वापर करावा लागतो. पंप बसविण्यासाठी पंपगृह बांधावे लागते. पंपगृहात पंप व त्याला लागणारी इतर यंत्रे आणि देखरेखीसाठी चालकाला बसण्याची सोय करावी लागते. पंपगृह बांधण्यासाठी जागा निवडताना लक्षात घ्यावयाच्या गोष्टी म्हणजे : (१) पंपविहिरीचे दूषित पाण्यापासून संरक्षण, (२) पाणी वाटप योजनेतील आवश्यक दाब, (३) पूर, आग, इत्यादी संकटांपासून पोहोचणारा अडथळा, (४) इंधन किंवा तत्सम इतर शक्ती मिळण्याची सुलभता, (५) भविष्यकाळात वाढीसाठी आणि विस्तारासाठी लागणाऱ्या सोयींची उपलब्धता. कोणत्याही पंपगृहाच्या बाबतीत इमारत, स्थळ, आणि यंत्रे या तीन महत्त्वाच्या गोष्टी आहेत. पंपगृहाच्या इमारतीचे सौंदर्य आणि सभोवतालची जागा आकर्षक असावी. इमारतीचे बांधकाम अग्निरोधक साहित्य वापरून केलेले असावे. धोक्याच्या वेळी पंप व इतर यंत्रे ताबडतोब बंद करण्याची सोय, आणि तसेच इतर संरक्षक उपाययोजना करता येणारी सोय असावी.

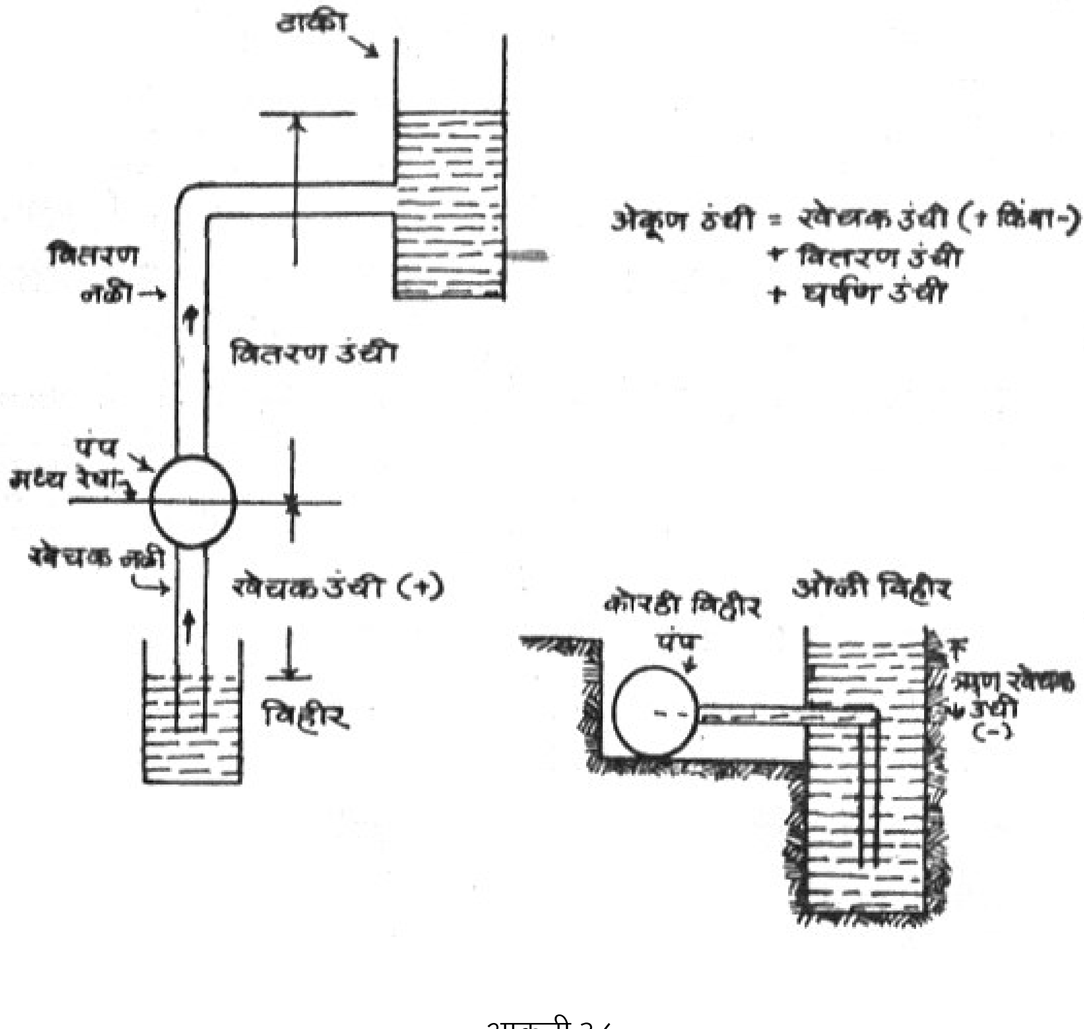
पंपविहीर (जॅकवेल) :पंपगृहाच्या पटईखाली पंपविहीर असते. याच विहिरीतील पाणी पंपाच्या साहाय्याने वर खेचले जाते. पंपविहिरीचा आकार चौकोनी-आयताकृती किंवा गोलाकार असतो. विहिरीचे बांधकाम वीटकाम, दगडी बांधकाम किंवा सलोह सिमेंट-कॉंक्रीटमध्ये केलेले असते. कोणत्या प्रकारचे

अनुक्रमणिका

बांधकाम करावयाचे हे जमिनीखालील भूगर्भीय अवस्थेवर अवलंबून असते. पंपविहिरीची क्षमता पाण्याच्या १५ ते ३० मिनिटांच्या सर्वसाधारण मागणीइतकी ठेवतात आणि विहिरीतील पाण्याची एकूण खोली ४·५ मीटरपर्यंत असते. आजूबाजूच्या जमिनीत मुरलेले पाणी अगर दूषित पाणी पंपविहिरीत येणार नाही याची खबरदारी घ्यावी लागते.

सर्वसाधारणपणे पाणी उपसण्याचे पंप विहिरीवर म्हणजेच पंपगृहाच्या जमिनीवर बसविलेले असतात. परंतु जेव्हा जमिनीच्या पृष्ठभागाखालील विहिरीची तळापर्यंतची एकूण खोली ठराविक मर्यादेपेक्षाही जास्त ठेवणे प्राप्त होते, तेव्हा एक तर खोल विहिरीवर बसविण्याचे वेगळे टरबाइन पंप वापरावे लागतात; नाही तर साधे केन्द्रोत्सारी पंप खुद्द विहिरीतच अशा उंचीवर बसवावे लागतात की ते पाण्यात केव्हाही बुडणार नाहीत. आणखी दुसरी पद्धत म्हणजे, कोरड्या आणि ओल्या विहिरींची रचना होय. या रचनेत मध्यभागी कोरडी विहीर ठेवून त्या भोवताली ओली विहीर असते; व दोन्हींमध्ये जलामेद्य भिंत असते. कोरड्या विहिरीत कमी उंचीवर पंप बसविता येतात; तर ओल्या विहिरीत पंपांच्या पातळीवरही पाणी राहू शकते. या योजनेमुळे केन्द्रोत्सारी पंप चालू करताना पंपाचा अंतर्भाव बाहेरून पाणी ओतून भरण्याची (प्रायमिंग) आवश्यकता भासत नाही.

कोरडी आणि ओली विहीर



आकृती ३८

अनुक्रमणिका

खेचक नळी :पंपास जोडलेली खेचक नळी पंप-विहिरीत बुडविलेली असते. पंप सुरू झाल्यावर या खेचक नळीत पाणी ओढून घेतले जाते. पाणी किती उंचीपर्यंत ओढून घेतले जाईल ते विहिरीतील पाण्यावरील वातावरणाच्या दाबावर अवलंबून राहते. शास्त्राप्रमाणे पंपामुळे खेचक नळीत जास्तीत जास्त १० मीटर उंचीपर्यंत पाणी ओढले गेले पाहिजे. परंतु प्रत्यक्षात खेचक नळीच्या बुडाशी असलेल्या जाळी व पाय-झडप, आणि खुद्द खेचक नळी यांतील घर्षण-घट, वेगीय उंची घट, इत्यादींमुळे खेचक उंची ६ ते ७ मीटरपर्यंतच राहते. केन्द्रोत्सारी पंपाच्या बाबतीत हीच उंची ४·५ ते ५ मीटरपर्यंतच धरावी.

एकूण उंची :पंपाच्या साहाय्याने ज्या उंचीपर्यंत पाणी वाहून न्यावयाचे आहे त्या एकूण उंचीत तीन गोष्टींचा समावेश करावा लागतो : (अ) खेचक नळी, (ब) वितरण उंची, (क) घर्षणामुळे होणारी उंचीतील घट. खेचक उंची पंप विहिरीतील पाण्याच्या पातळीपासून ते पंपाच्या मध्यापर्यंत मोजतात. वितरण उंची पंपाच्या मध्यापासून ज्या पातळीपर्यंत पाणी पंपाच्या साहाय्याने चढवावयाचे तेथपर्यंतची उंची धरतात. घर्षणामुळे होणारी उंचीतील घट ही सूत्र वापरून काढतात, ते सूत्र असे :

$$\text{उंचीतील घट (घर्षणामुळे)} = \frac{\text{४ फ} \times \text{लांबी}}{\text{व्यास}} \times \frac{(\text{वेग})^{2}}{\text{२} \times \text{गुरुत्वाकर्षणांक}}, \quad \text{मीटरमध्ये.}$$

यात : फ = घर्षणांक = ०·०१;

लांबी = नळीची लांबी, मीटरमध्ये;

वेग = नळीतील पाण्याच्या प्रवाहाचा वेग, दर सेकंदास, मीटरमध्ये;

व्यास = नळीचा आतील व्यास, मीटरमध्ये;

गुरुत्वाकर्षणांक=९·८१, मीटरमध्ये;

वरील सूत्र दुसऱ्याही प्रकाराने लिहिता येते. ते म्हणजे—

$$\text{उंचीतील घट (घर्षणामुळे)} = \frac{\text{फ} \times \text{लांबी} \times (\text{प्रवाह परिमाण})^{2}}{\text{३} \times (\text{व्यास})^{5}}, \quad \text{मीटरमध्ये.}$$

यात : फ = ०·०१;

लांबी=नळीची लांबी, मीटरमध्ये.

प्रवाह-परिमाण, (दर सेकंदास घनमीटरमध्ये) = प्रवाह वेग (दर सेकंदास, मीटरमध्ये) × प्रवाहाचे आडवे क्षेत्रफळ (चौरस मीटरमध्ये)

व्यास = नळीचा आतील व्यास, मीटरमध्ये.

अशा रीतीने घर्षणामुळे होणारी उंचीतील घट सूत्र वापरून काढल्यावर अ, ब, आणि क यांची बेरीज करतात. म्हणजेच—

एकूण उंची = खेचक उंची + वितरण उंची + उंचीतील घट(घर्षणामुळे होणारी)

पंपाची अश्वशक्ती :

एखाद्या उंचीवर पाणी चढविण्यासाठी लागणारी पंपाची अश्वशक्ती खाली दिल्याप्रमाणे काढतात :

$$\text{पाण्याची अश्वशक्ती} = \frac{\text{प्रवाह (दर सेकंदास लिटरमध्ये)} \times \text{एकूण उंची (मीटर)}}{७५}$$

$$\text{पंपाची अश्वशक्ती} = \frac{\text{पाण्याची अश्वशक्ती}}{\text{पंपाची कार्यक्षमता}}$$

पंप चालविण्यासाठी जेव्हा विद्युत-शक्ती वापरली जाते तेव्हा विद्युत अश्वशक्ती खालीलप्रमाणे काढतात :

$$\text{विद्युत अश्वशक्ती} = \frac{\text{पंपाची अश्वशक्ती} \times १००}{\text{पंप आणि मोटरची समावेशक कार्यक्षमता (टके)}}$$

(१ अश्वशक्ती = ७४६ वॅटस्, आणि १००० वॅटस् = १ किलोवॅट)

पंपाची अश्वशक्ती	मोटरची कार्यक्षमता (टक्के)
१०	८५
२०	८७
४०	८९
८०	९०

पाणी-पुरवठा योजनेच्या बाबतीत पंपाची एकूण अश्वशक्ती किती लागेल हे कळल्यावर त्या सर्व अश्वशक्तीचा एकच पंप बसवीत नाहीत. ही सर्व अश्वशक्ती तीन पंपांमध्ये अशा रीतीने विभागतात की पाण्याची कमीत कमी, सर्वसाधारण, आणि जास्तीत जास्त मागणी या तीन पंपांच्या साहाय्याने निरनिराळ्या वेळी जशी लागेल तशी पुरी करता येईल. कोणत्याही पंपगृहाची तरतूद करताना कमीत कमी दोन पंप असावेच लागतात. त्यामुळे दोनपैकी एक पंप राखीव ठेवता येतो; व ज्या वेळी चालू पंप नादुरुस्त होतो अगर मोडतो त्या वेळी राखीव ठेवलेला पंप ताबडतोब सुरू करता येऊन पाणी-पुरवठा काही प्रमाणात तरी चालू ठेवता येतो.

उद्वाहक नळी (Rising main) :

पंपाच्या साहाय्याने पाण्याचा उपसा होऊन पंपाबाहेर ज्या नळीतून पाणी वाहते ती वितरण नळी होय. याच वितरण नळीतील पाणी जेव्हा गुरुत्वाकर्षणाने न वाहता त्याच्या विरुद्ध आणि दाबामुळे वाहात राहते तेव्हा त्या नळीला ‘उद्वाहक नळी’ म्हणतात. या नळीतील पाणी दाबाखाली वाहात असल्यामुळे ती सामान्यतः पोलादाची बनवितात. उद्वाहक नळीवर वेगवेगळ्या कारणांसाठी निरनिराळ्या प्रकारच्या झडपा बसविलेल्या असतात. उदाहरणार्थ, नळीतील फक्त हवा बाहेर काढून टाकण्यासाठी हवा-मुक्तता-झडप,

अनुक्रमणिका

जादा दाब कमी करण्यासाठी दाब-झडप, पाणी उलट दिशेने मागे येऊ नये म्हणून उलट प्रवाह रोखणारी एक-तरफा झडप, नळीतील गाळ काढून टाकण्यासाठी धूप-झडप, आणि नळीतील प्रवाह बंद करण्यासाठी पाणतोड झडप. अशा पाच प्रकारच्या झडपा उद्वाहक नळीवर योग्य त्या ठिकाणी बसवाव्या लागतात. उद्वाहक नळीतील पाण्याचा प्रवाह चालू असताना पाणतोड झडप एकदम बंद केल्यास जलधप्प तयार होऊन फार मोठा दाब तयार होतो, व त्यामुळे नळी फुटण्याची शक्यता असते. म्हणून पाणतोड झडप नेहमी सावकाशपणे बंद करावी लागते. उद्वाहक नळीतील पाण्याच्या प्रवाहाचा वेग दर सेकंदास ०·७ ते १·० मीटर इतका ठेवतात. हा वेग लक्षात घेऊन नळीचा व्यास किती लागेल ते काढल्यास एकंदर नळीला लागणारा खर्च किफायतशीर पडतो.

पंपाच्या अश्वशक्तीवरील उदाहरण :

एका जलाशयातून टेकडीवरील टाकीत पाणी दर मिनिटाला २८,००० लिटर याप्रमाणे चढवावयाचे आहे. जलाशयातील पाण्याची पातळी ६० असून टाकीच्या तळाची पातळी ११८ आहे. टाकीतील पाण्याची खोली जास्तीत जास्त ६ मीटर असते. पंपाच्या मध्यरेषेची पातळी ६४ आहे. खेचक नळीचा व्यास ७५० मिलिमीटर असून १०० मीटर लांबीच्या उद्वाहक नळीचा व्यास ६०० मिलिमीटर आहे. जर पंप आणि मोटर यांची समावेशक कार्यक्षमता ६५ टक्के असेल, तर किती अश्वशक्तींचे पंप लागतील?

उत्तर :प्रथम पाणी जलाशयातून टेकडीवरील टाकीत चढविण्याची एकूण उंची काढू :

$$\text{टाकीतील पाण्याची पातळी} = ११८ + ६ = १२४ \text{ मीटर;}$$

$$\therefore \text{वितरण उंची} = १२४ - ६४ = ६० \text{ मीटर.}$$

$$\text{खेचक} = ६४ - ६० = ४ \text{ मीटर.}$$

$$\text{उंचीतील घट (उद्वाहक नळीतील घर्षणामुळे)} = \frac{\text{फ} \times \text{लांबी} \times (\text{प्रवाह परिमाण})^{२}}{३ \times (\text{व्यास})^{५}}$$

$$\text{प्रवाह परिमाण} = \frac{२८०००}{१००० \times ६०} = ०·४७ \text{ घनमीटर; दर सेकंदाला.}$$

$$\therefore \text{उंचीतील घट} = \frac{०·०१ \times १०० \times ०·४७ \times ०·४७}{३ \times (०·६)^{५}}$$

$$= ०·९५ \text{ मीटर}$$

खेचक नळी व उद्वाहक नळी यांमधील कोपरे, झडपा, इत्यादी गोष्टींमुळे थोडीफार होणारी उंचीतील घट १·० मीटर धरू.

$$\therefore \text{एकूण उंची} = ६० + ४ + ०·९५ + १·०$$

$$= ६५·९५ \text{ अगर } ६६ \text{ मीटर.}$$

$$\text{आता पाण्याची अश्वशक्ती} = \frac{\text{प्रवाह (लिटर/सेकंद)} \times \text{एकूण उंची (मीटर)}}{७५}$$

$$\text{प्रवाह (लिटर/सेकंद)} = \frac{२८०००}{६०} \text{ आणि}$$

एकूण उंची=६६ मीटर

$$\therefore \text{पाण्याची अश्वशक्ती} = \frac{२८०००}{६०} \times \frac{६६}{७५}$$

$$= ४११$$

$$\text{पंपाची अश्वशक्ती} = \frac{\text{पाण्याची अश्वशक्ती} \times १००}{\text{पंप आणि मोटरची समावेशक कार्यक्षमता}}$$

$$= \frac{४११ \times १००}{६५}$$

$$= ६३२$$

समुद्रसपाटीपासूनची उंची आणि तपमान यासाठी थोडी जास्त अश्वशक्ती लागेल. त्याचा विचार करता पंपांची एकूण अश्वशक्ती ६४० लागेल. इतक्या अश्वशक्तीचा एकच पंप उपलब्ध नसल्यास कमी अश्वशक्तींचे दोन अगर तीन पंप वापरणे सोयीचे पडेल

अनुक्रमणिका

प्रकरण अकरावे

जल-वाटप

११-१. उद्देश :

जलशुद्धीकरण केन्द्रात अशुद्ध पाण्यावर निरनिराळ्या प्रक्रिया करून शुद्ध केलेले पाणी जमिनीखालील शुद्ध पाण्याच्या टाकीत साठवितात. नंतर शुद्ध पाणी पंपाच्या साहाय्याने शहरातील मध्यभागी असलेल्या उंच टाकीत नेतात आणि तेथून शहरातील लोकांना नळ्यांच्या द्वारे पाण्याचे वाटप करतात. अशा रीतीने पाणीपुरवठा योजनेचे दोन मुख्य भाग पडतात. एक भाग म्हणजे जलशुद्धीकरण, आणि दुसरा भाग म्हणजे पाणी-वाटप. पाणीपुरवठा योजनेच्या एकूण खर्चापैकी जवळ जवळ ६० ते ६५ टक्के खर्च पाणी वाटपासाठी लागतो. यावरून पाणी वाटपाची एकंदर योजना किती महत्त्वाची आहे याची कल्पना येईल. शहरातील लोकांना पाणी सहजगत्या उपलब्ध करून देण्यासाठी सबंध शहरभर नळ्यांचे जाळेच तयार केलेले असते, व त्यात १०० मि.मी. पासून ३०० मि.मी. व्यासाच्या लहान नळ्या, मध्यम आकाराच्या नळ्या, आणि मोठ्या आकाराचे नळ वापरलेले असतात. याशिवाय झडपा, अग्निशमनासाठी नळखांब (हैड्रन्ट) रस्त्यावरील पाण्याच्या नळीमधून घरातील नळांना पाणी पुरविण्यासाठी करावयाचे सांधे (सर्व्हिस कनेक्शन्स) इत्यादी अनेक गोष्टींचा समावेश पाणी-वाटप योजनेत केलेला असतो.

११-२. पाणीवाटपाचे विभाग :

ज्या शहराला पाणी वाटप करावयाचे त्या सबंध शहराची जमीन एकाच समपातळीत असू शकत नाही; किंवा एकसारखी उताराचीही असू शकत नाही. शहराच्या जमिनीचा समपातळी दर्शविणाऱ्या नकाशाचा (कान्टुअर प्लॅन) अभ्यास करून, जलशुद्धीकरण केन्द्राच्या जमिनीच्या पातळीशी तुलना करता, खोलगट भाग आणि उंच भाग ठरवता येतात. आणि यावरूनच पाणी वाटपाचा सखल पातळी विभाग, मध्यम पातळी-विभाग, आणि उंच पातळी विभाग असे विभाग ठरविता येतात. सखल पातळी विभागाला गुरुत्वाकर्षणाने पाणी पुरविता येईल. मध्यम पातळी विभाग म्हणजे ज्याची पातळी जलशुद्धीकरण केन्द्राच्या जमिनीच्या पातळीइतकीच आहे अशा विभागाला पाणी पुरविण्यासाठी मध्यम उंचीवर एक पाण्याची टाकी बांधावी लागेल. उंच पातळी विभागाला पाणी पुरविण्यासाठी उंच पातळीवर एक टाकी बांधावी लागेल. जलशुद्धीकरण केन्द्रातून पंपाच्या साहाय्याने या टाक्यांत प्रथम शुद्ध पाणी आणावेलागते, आणि मग त्या त्या विभागाला पाणी-वाटप करावे लागते. वरील निरनिराळ्या तीन पातळ्यांवरील प्रत्येक विभागाचे आणखी लहान लहान भाग पडतात. प्रत्येक लहान भागात अंदाजे २० ते २५ हजार लोकसंख्या असते. यामुळे पाण्याचे वाटप करणे आणि देखभाल करणे फार सोयीचे जाते. कोणत्याही भागातील शेवटच्या नळीतील पाण्याचा दाब साधारणपणे ७·५ ते ९ मीटर इतका असावा लागतो. तरच लोकांना दुसऱ्या तिसऱ्या मजल्यावरही पाण्याच्या तोटीतून सहजगत्या पाणी मिळू शकते.

११-३. पाणी-वाटपाच्या टाक्या (Service Reservoirs) :

पाणी-वाटप योजनेत पाणी वाटपाच्या टाक्या खालील कारणास्तव लागतात:

अनुक्रमणिका

(अ) पाण्याच्या ताशी किंवा दैनिक प्रवाहाचे समानीकरण करणे;

(ब) दूरदूरच्या भागांत आवश्यक तो पाण्याचा दाब राखणे;

(क) अग्निशमनासाठी आयत्या वेळी लागणारा पाण्याचा साठा राखणे;

(ड) पाणी पंपाच्या साहाय्याने चढवण्याच्या उंचीचे समानीकरण करणे;

(इ) लहान विभागाच्या बाबतीत २४ तास पंप चालू ठेवण्याचे टाळणे;

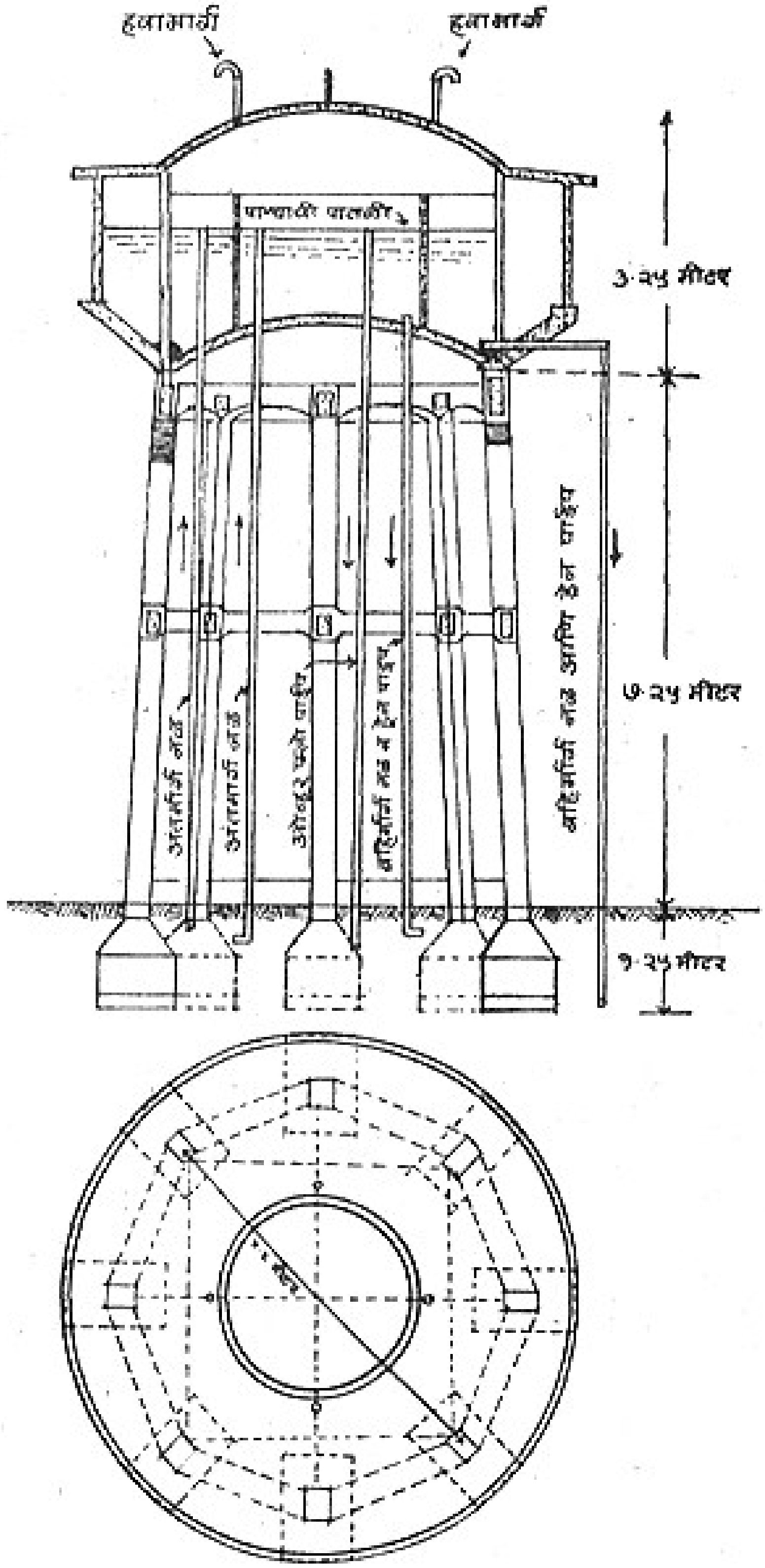
(फ) दाबातील चढ-उतार कमी करणे.

लोकांची पाण्याची मागणी एकसारखी नसते, तर ती बदलती असते. त्यामुळे पाण्याचा पुरवठा व पाण्याची मागणी यात फरक पडतो. ह्या फरकाची तोंडमिळवणी करण्यासाठी पाणी-वाटपाच्या टाकीचा उपयोग होतो. तसेच अशा टाक्या सतत भरून ठेवल्याने जर एखाद्या वेळी पंप नादुरुस्त झाले किंवा दुसरा काही अपघात अगर संकट कोसळले तर लोकांना थोडेफार तरी पाणी देता येते. तसेच अग्निशमनासाठी लागणारे पाणीही अशाच टाक्यांमधून पुरवता येते. कारण सर्वसाधारणपणे किती पाणी लागेल याचा अंदाज बांधून तेवढ्या पाण्याचा साठा टाकीत राखून ठेवलेला असतोच. पाणी वाटपाच्या टाक्यांमुळे पाणी वाटप योजनेतील नळ्यांच्या जाळ्यांमध्ये पाण्याचा योग्य तो दाब राखणे सोपे जाते. तसेच पाण्याच्या पंपावरील दाब बदलत राहणे इष्ट नसते. त्याही दृष्टीने दाबातील समतोल राखण्याच्या कामी टाक्या उपयोगी पडतात.

पाणी-वाटप टाकी ही सर्वसाधारणपणे ज्या भागास पाणी वाटावयाचे त्या जागेच्या मध्यभागी, ज्या भागातील पाण्याचा दाब वाढवून पाहिजे असेल त्या भागाजवळ, शक्य तितक्या उंच पातळीवर (टेकडी असल्यास तिचा उपयोग करून), आणि ज्या ठिकाणी बांधकामाचा खर्च कमीत कमी येईल अशा जागी बांधतात. अशा टाक्या शक्य तो लोखंडी किंवा सलोह सिमेन्ट काँक्रीटच्या बांधलेल्या असतात. पाण्याला योग्य तो दाब मिळावा यासाठी जमिनीला उंचवटा असल्यास (टेकडी) जमिनीच्या पृष्ठभागावर आणि उंचवटा नसल्यास उंच खांब बांधून त्यावर टाक्या ठेवतात. नैसर्गिक उंचवट्यावरील टाकीचे बांधकाम दगडाचे अगर विटांचेही चालते.टाकीची क्षमता पाण्याचा जास्तीत जास्त वापर, पंपाची जास्तीत जास्त क्षमता, पाण्याच्या उगमाकडून होणारा जास्तीत जास्त संरक्षित पुरवठा, आणि अग्निशमनासाठी लागणारे पाणी या गोष्टींवर अवलंबून असते. साधारणपणे टाकीची क्षमता ४ ते ६ तास पाण्याच्या सरासरी मागणीइतकी ठेवतात. सर्वसाधारणपणे टाकीतील पाण्याची उंची ६ मीटरपेक्षा जास्त ठेवत नाहीत. जमिनीवरील टाक्यांपेक्षा उंच खांब तयार करून त्यावर बांधलेल्या टाक्यांना साहजिकच जास्त खर्च येतो.

अनुक्रमणिका

इन्ट्झ टाकी



दोन भाग मिळून (२७,००० लिटर क्षमता)

आकृती ३९

अनुक्रमणिका

कोणत्याही टाकीला साधारणतः चार नळ निरनिराळ्या कारणांसाठी जोडावे लागतात. पैकी एक नळ टाकीच्या वरच्या बाजूस टाकीत पाणी आणण्यासाठी बसविलेला असतो, तो अंतर्मार्ग नळ. दुसरा नळ टाकीत ठराविक पातळीपेक्षा जास्त झालेले पाणी टाकीबाहेर काढून टाकण्यासाठी असतो, व तोही टाकीच्या वरच्या बाजूसच बसविलेला असतो, तो ओव्हर-फ्लो पाइप. तिसरा नळ हा टाकीतील पाणी बाहेर काढून त्याचे वाटप करण्याकरिता बसविलेला असतो तो बहिर्मार्ग नळ, टाकीच्या तळाच्या पातळीच्या थोडा वर ठेवलेला असतो; तर चौथा नळ टाकीतील गाळ बाहेर काढण्यासाठी किंवा टाकीतील सर्व पाणी काढून टाकून ती रिकामी करण्यासाठी तळाशीच बसविलेला असतो तो ड्रेन-पाइप. प्रत्येक नळावर एक झडप बसविलेली असते. टाकीतील पाणी खेळते राहण्यासाठी अंतर्मार्ग नळ आणि बहिर्मार्ग नळ हे एकमेकांच्या विरुद्ध दिशेला आणि निराळ्या उंचीवर बसविलेले असतात. अशा या चार नळांखेरीज टाकीतील पाण्याची उंची बाहेरून कळावी यासाठी पातळी दर्शविणारा दर्शक, टाकीवर चढून जाता यावे म्हणून जमिनीपासून वरपर्यंत एक लोखंडी शिडी, निरनिराळ्या उंचीवर पाहणीसाठी चबुतरे, इत्यादी सोयी कराव्या लागतात. टाकी वरून बंद करण्यासाठी जर आच्छादन केलेले असेल तर टाकीत उतरण्यासाठी त्या आच्छादनात प्रवेशद्वार (मॅन-होल) ठेवावे लागते. तसेच टाकीतील पाण्याला हवा मिळण्यासाठी हवेच्या नळ्याही आच्छादनातच बसवाव्या लागतात.

११-४. पाणी-वाटप नळ्यांतील पाण्याचा आवश्यक दाब :

जे विभाग फक्त वसतीसाठी (राहण्यासाठी) असून तेथे ४ मजल्यांपर्यंत घरे आहेत अशा विभागातील पाणीवाटप नळ्यांतील दाब दर चौरस सेंटिमीटरला १·७५ ते ३·० किलोग्रॅम इतका असावा. आणि जे केवळ व्यापारी विभाग असतील तेथील पाणी-वाटप नळ्यांतील दाब दर चौरस सें.मी. ला ५ किलोग्रॅम तरी असावा. साधारणपणे घरगुती पाणी पुरवठ्याचा दाब दर चौ.मी. ला १ किलोग्रॅमहून कमी आणि ८ किलोग्रॅमपेक्षा जास्त नसावा.

लोकसंख्या आणि घरांचे मजले या गोष्टी विचारात घेतल्यास पाणी-वाटप योजनेतील नळांच्या जाळ्यांतील अगदी शेवटच्या नळीतील टोकापाशी खाली दिल्याप्रमाणे पाण्याचा दाब असावा.—

२ लाखांवर लोकसंख्या असून जेथे ३ किंवा अधिक मजल्यांची घरे आहेत तेथे कमीत कमी १५ मीटरपर्यंत पाण्याचा दाब असावा.

२०,००० ते २ लाखांपर्यंत लोकसंख्या असून जेथे २ मजली घरे आहेत तेथे कमीत कमी १०·५ मीटरपर्यंत पाण्याचा दाब असावा.

जेथे एक-मजलीच घरे असतील तेथे कमीत कमी ६ मीटर पाण्याचा दाब असावा.

११-५. पाणी वाटप योजनेच्या पद्धती :

शहरातील विभागांमध्ये पाणी पुरवण्यासाठी प्रत्येक विभागात नळांचे जाळे पसरवलेले असते. प्रत्येक विभागातील नळांच्या जाळीची सुरुवात त्या विभागातील पाणी-वाटप टाकीपासून होते, व शेवट दूर अंतरावरील शेवटच्या घरापाशी होतो. पाणी-वाटप योजनेच्या एकूण चार पद्धती आहेत :

अनुक्रमणिका

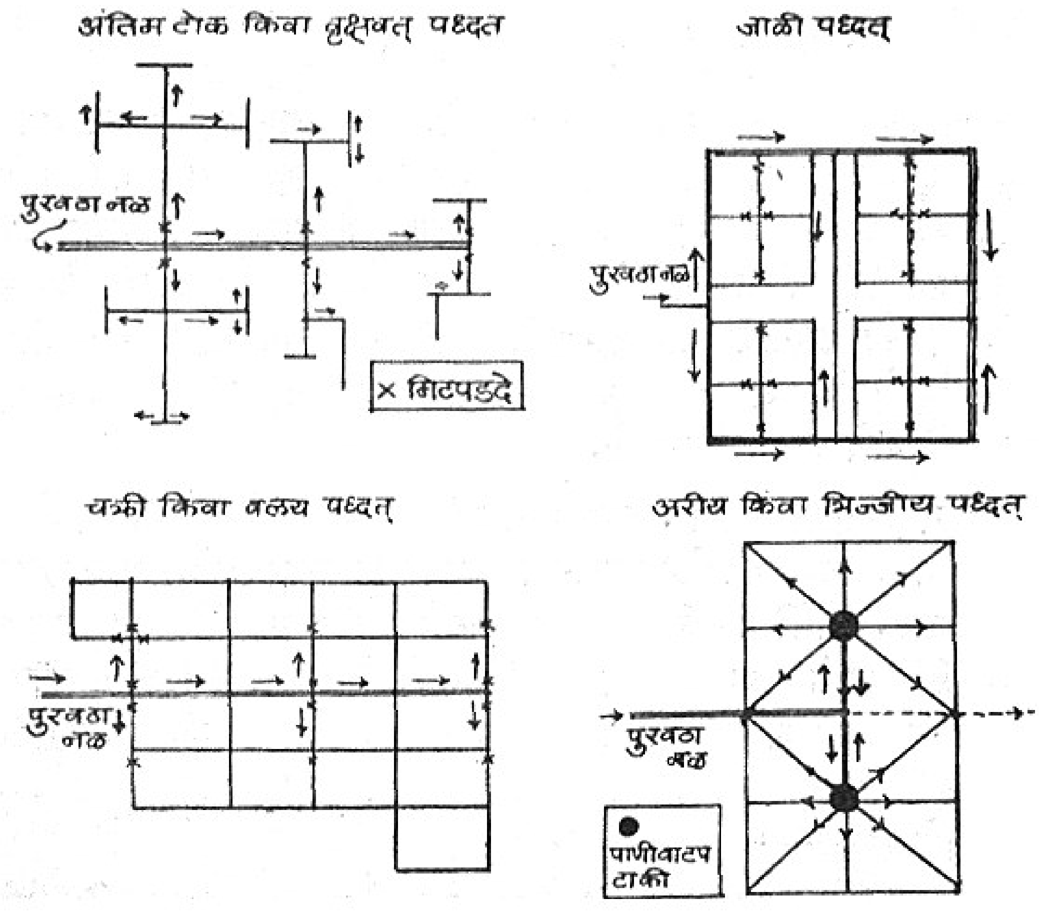
(१) अंतिम टोक किंवा वृक्षवत पद्धत (Dead end tree system);

(२) जाळी पद्धत (Grid iron system);

(३) चक्री किंवा वलय पद्धत (Cricular or Ring system);

(४)अरीय किंवा त्रिजीय पद्धत (Radial system).

पाणी वाटप योजनेच्या पध्दती



आकृती ४०

वरील प्रत्येक पद्धतीची खास वैशिष्ट्ये असतात; आणि ती ज्या भागास पाणी वाटावयाचे त्या भागाची स्थिती, आकार, प्रकार आणि इतर गोष्टी यांवर अवलंबून असतात.सर्वसाधारणपणे कोणत्याही विभागातील अस्तित्वात असलेले रस्ते आणि पुढे होणारे रस्ते यांच्याखाली पाणीवाटप नळ टाकल्यावर कोणत्या तरी पद्धतीची पाणीवाटप योजना आपोआपच तयार होते. काही वेळेस दोन पद्धतींचे मिश्रणही तयार झालेले आढळते.

अनुक्रमणिका

(१) अंतिम टोक किंवा वृक्षवत पद्धत :ज्या विभागातील लोकसंख्या साधारणपणे सारख्या प्रमाणात पसरलेली असते त्या विभागासाठी वृक्षवत पद्धत फार सोयीची पडते. अशा विभागातील मध्यरेषेवर पाणी पुरवणारा एक मोठा नळ वाटपटाकीपासून टाकलेला असतो. या मोठ्या नळाच्या दोन्ही बाजूंस झाडाच्या फांद्यांप्रमाणे अनेक उप-नळ काटकोनात जोडलेले असतात. अशा उप-नळांना आणखी लहान नळ्या जोडतात व त्यांपासून घरांना पाणी पुरविले जाते. अशा तऱ्हेने सबंध विभागात एखादे झाड आणि त्याच्या फांद्यांप्रमाणे नळांचे जाळेच तयार होते; म्हणून यास वृक्षवत पद्धत म्हणतात. या पद्धतीत अनेक अंतिम टोके निर्माण होतात, आणि अशी अंतिम टोके एकमेकांस जोडली न गेल्याने नळ्यांच्या शेवटच्या भागात पाणी साचून राहते व गाळही साठून राहण्याची शक्यता असते. आणि त्यामुळे पाण्याचे गुणधर्म बिघडून ते दूषित होण्याची भीती निर्माण होते. नळ्या स्वच्छ करण्यासाठी प्रत्येक अंतिम-टोकास धूप-झडप आणि नळदुरुस्ती करावयाची झाल्यास पाण्याचा प्रवाह बंद करण्यासाठी ठिकठिकाणी पाणतोड झडपा बसविणे भाग पडते; त्यामुळे खर्च वाढतो. वृक्षवत पद्धतींचा फायदा म्हणजे किती व्यासाच्या नळ्या लागतील ते गणिताने काढणे सोपे असते; आणि त्याचप्रमाणे प्रत्यक्षात पाणीवाटप विभागात नळ्या बसविण्याचे कामही सोपे असते.

(२) जाळी पद्धत : वृक्षवत पद्धतीतील सर्व अंतिम टोके एकमेकांस जोडल्यास पाणी सतत सर्व दिशेने नळ्यांच्या जाळीमधून वाहात राहते, यालाच जाळी पद्धत म्हणतात. ज्या विभागातील रस्ते आयताकृती पद्धतीने आखलेले असतात अशा रस्त्यांखाली पाण्याचे नळ टाकल्यावर जाळीपद्धत निर्माण होते. वृक्षवत पद्धतीत जे तोटे असतात ते सर्व जाळीपद्धतीत भरून निघतात. जाळीपद्धतीत अग्निशामक नळाला अनेक बाजूंनी पाणीपुरवठा होत असल्यामुळे पुष्कळ पाणी उपलब्ध होऊ शकते. या पद्धतीचे तोटे म्हणजे—

(अ) पुष्कळ झडपा लागतात, (ब) नळांची लांबी वाढते, आणि मोठ्या व्यासाचे नळ लागतात. (क) किती व्यासाचे नळ लागतील हे गणिताने काढणेअवघड जाते, (ड) खर्च जास्त येतो. ज्या शहरातील विभागांची अलग अलग वाढ होत राहते अशा विभागांच्या बाबतीत जाळी पद्धत तितकीशी सोयीची नाही.

(३) चक्री किंवा वलय पद्धत :ज्या विभागाला पाणीवाटप करावयाचे त्या विभागाच्या सर्व सीमेलगत पाण्याचा प्रमुख नळ टाकलेला असतो. आतील भागांसाठी लहान नळ एकमेकांस आडव्या (फुलीच्या) पद्धतीने टाकून ते प्रमुख नळाला जोडलेले असतात. आडवे नळ एकमेकांनाही जोडलेले असतात. नळ अशा पद्धतीने जोडल्याने अग्निशामक नळाला भरपूर पाणी उपलब्ध होऊ शकते. तसेच चक्री पद्धतीत पाण्याला पाहिजे तसा दाब राहून ग्राहकांना झटकन पाणी मिळू शकते.

(४) अरीय किंवा त्रिज्ञीय पद्धत :जेव्हा विभागातील रस्त्यांची रचना एखादे गोल चाक आणि त्याच्या अऱ्यांप्रमाणे असते तेव्हा पाणी वाटपासाठी अरीय पद्धत वापरतात. या पद्धतीत मध्यभागी पाणी वाटप टाकी असते, आणि टाकीपासून अऱ्यांप्रमाणे नळ टाकलेले असतात, व ते विभागाच्या सीमेपर्यंत नेलेले असतात. या पद्धतीमुळे पाणीवाटप जलद आणि चांगल्या प्रकारे होऊ शकते.

११-६. पाणीवाटप योजनेतील नळामधील पाण्याच्या दाबाचे पृथक्करण :

शहरातील विभागासाठी पाणी वाटपाची एखादी पद्धत निश्चित केल्यानंतर त्या पद्धतीनुसार पाण्याचे नळ टाकून जाळी तयार झाल्यावर नळांमध्ये निरनिराळ्या ठिकाणी पाण्याचा दाब किती राहील ते पाहणे आवश्यक असते. योग्य तो पाण्याचा दाब राहात नसल्यास नळ टाकण्याच्या रचनेत योग्य तो फेरफार करावा लागतो. पाण्याचा दाब किती राहील ते पाहण्यासाठी पृथक्करण करावे लागते. अशा पृथक्करणाच्या काही पद्धती आहेत. पैकी (१) समान-नळ पद्धत (हेझन-विल्यम्स सूत्रावर आधारित), (२) हार्डी क्रॉस पद्धत, आणि (३) विद्युत जाळी पृथक्करण पद्धत. या तीन पद्धती सर्वमान्य अशा आहेत. कोणतीही पद्धत वापरण्यापूर्वी नळांच्या जाळीतील निरनिराळ्या बिंदूंशी येणाऱ्या पाण्याचे परिमाण आणि जाणाऱ्या पाण्याचे परिमाण माहीत असणे आवश्यक असते. लोकसंख्या आणि दरडोई पाण्याच्या पुरवठ्याचा दर यावरून ते काढता येते. समान-नळ पद्धतीत सर्व नळांचे रूपान्तर एकाच व्यासाच्या (२०० मिलिमीटर) नळांत करून घ्यावे लागते, व नळाचा स्थिरांक १०० घ्यावा लागतो. त्यामुळे निरनिराळ्या नळांमधील पाण्याच्या सारख्याच परिमाणाच्या बाबतीत उंचीतील घटही सारखीच राहते. यासाठी वापरावयाचे सूत्र—

$$L_{200} = \left(\frac{100}{Cn}\right)^{1\cdot85} \times \left(\frac{200}{dn}\right)^{4\cdot87} \times ln$$

या सूत्रांत l_{200}= २०० मिलिमीटर व्यासाच्या नळीची रूपान्तरित लांबी मीटरमध्ये.

Cn = ज्या नळाचा व्यास dn मिलिमीटर आहे अशा नळाचा स्थिरांक.

ln = ज्या नळाचा व्यास dn मिलिमीटर आहे अशा नळाची लांबी.

वरील सूत्र हेझन-विल्यम्स सूत्रावर आधारलेले आहे. ते सूत्र म्हणजे—

$V = 0\cdot85\ CR^{0\cdot63}\ S^{0\cdot54}$.

या सूत्रात V = पाण्याच्या प्रवाहाचा वेग, दर सेकंदास मीटरमध्ये.

C = नळाचा स्थिरांक.

R = (हैड्रॉलिक मीन डेप्थ) तोयालिक मध्यम गाह, मीटरमध्ये म्हणजे प्रवाहाचे छेद-क्षेत्र व पर्युक्त यांचे गुणोत्तार.

S = तोयालिक क्रमणीनितार (उतार).

वरील सूत्रावर आधारित वापरण्यास अतिशय सोपा असा तक्ता असतो. या तक्त्यात पाण्याचे परिमाण, नळीचा व्यास, उंचीतील घट आणि प्रवाहाचा वेग अशा चार किमती दर्शविलेल्या असतात. चारपैकी कोणत्याही दोन किमती माहीत असल्यास बाकी दोन किमती ताबडतोब काढता येतात.

नळांच्या जाळीमध्ये जेव्हा अखंड प्रवाह चालू राहात असतो तेव्हा पाण्याच्या दाबाचे पृथक्करण करण्यासाठी हार्डी-क्रॉस पद्धत वापरता येते. ही पद्धत प्राध्यापक हार्डी नावाच्या गृहस्थाने शोधून काढली.

अनुक्रमणिका

नळाच्या जाळीमध्ये कोणतेही दोन बिंदू घेतले तर एका बिंदूकडून दुसऱ्या बिंदूकडे पाणी दोन निरनिराळ्या मार्गांनी जात असल्याचे दिसून येईल. या दोन मार्गांवरील नळांचे व्यास आणि त्यातून जाणाऱ्या पाण्याच्या प्रवाहाचे परिमाण असे ठेवावयाचे की प्रत्येक मार्गातील उंचीची घट सारखीच राहील, व त्याची किंमत उपलब्ध उंचीतील घटापेक्षा कमी असेल. हे हार्डी-क्रॉस पद्धतीचे मूळ तत्त्व आहे. हे तत्त्व सांभाळण्यासाठी एकदा नळातील प्रवाहाची किंमत आणि नंतर नळांच्या व्यासाची किंमत यांत फेरफार करून गणिताच्या साहाय्याने उत्तरे काढत बसावे लागते; आणि दोन्ही मार्गांतील उंचीतील घट जवळजवळ सारखीच येईतोवर असे फेरफार करून पाहावे लागतात.

विद्युत जाळी पृथक्करण पद्धत ही सर्वात नवीन पद्धत असून त्यायोगे थोड्या वेळात आणि बऱ्याच प्रमाणात अचूकपणे पृथक्करण होऊ शकते. विद्युत प्रवाहाच्या बाबतीत ओहमचा नियम V = RI (V = व्होल्टेज : दाब, R = रिझिस्टन्स : प्रतिबंध, I = करंट : प्रवाह) प्रसिद्ध आहे. विद्युत प्रवाह आणि पाण्याचा प्रवाह यांतील साम्य लक्षात घेऊन त्याला अनुलक्षित अशी ही विद्युत जाळी पृथक्करण पद्धत आहे. पाण्याच्या प्रवाहाऐवजी विजेचा प्रवाह, घर्षणामुळे होणाऱ्या उंचीतील घटीऐवजी व्होल्टेज दाब घट, आणि नळाच्या स्थिरांकाऐवजी विद्युत प्रतिबंध हे साम्य धरून नळांच्या जाळीऐवजी विद्युत जाळी तयार करता येते, व त्यावरून प्रत्यक्षातकिती व्यासांचे नळ वापरले म्हणजे कोणत्याही ठिकाणी योग्य तो पाण्याचा प्रवाह आणि दाब मिळू शकेल हे समजू शकते.

११-७. पाण्याच्या नळांचे प्रकार आणि अंगभूत वस्तू :
(Types of water pipes and appurtenances)

पाण्याचे नळ तयार करण्यासाठी निरनिराळे पदार्थ वापरतात. प्रत्येक पदार्थाचे गुणधर्म निरनिराळे असल्यामुळे नळांमध्येही ते गुणधर्म दिसून येतात. खाली दिलेले निरनिराळ्या प्रकारचे पाण्याचे नळ वापरात आहेत :

(१) ओतीव लोखंडाचे किंवा बिडाचे नळ (cast-iron pipes);

(२) पोलादाचे किंवा शुद्ध लोखंडाचे नळ (Steel or wrought iron pipes);

(३) सिमेंट कॉंक्रीटचे नळ;

(४) लाकडाचे नळ;

(५) प्लॅस्टिकचे नळ;

(६) ॲसबेस्टॉस सिमेंटचे नळ;

(७) जस्ताचा लेप लावलेल्या लोखंडाच्या नळ्या.

अनुक्रमणिका

वरील सर्व प्रकारच्या नळांच्या गुणधर्माबाबत निश्चित अशी मानके ठरवलेली असतात; व त्यानुसार नियमही आखलेले असतात. अशा मानकांना पूर्णपणे उतरणारे नळच वापरण्याचा प्रघात आहे. हीच गोष्ट नळांवर व निरनिराळ्या कारणांसाठी बसवावयाच्या वेगवेगळ्या अंगभूत वस्तूंच्या बाबतीतही बघावी लागते.

ओतीव लोखंडाचे नळ :हे नळ तयार करण्याच्या दोन पद्धती आहेत. एक म्हणजे वाळूचा साचा तयार करून त्यात लोखंडाचा रस ओतून नळ तयार करणे; आणि दुसरी म्हणजे, धातूचा साचा तयार करून त्यात लोखंडाचा रस केन्द्रोत्सारी पद्धतीने घालून नळ तयार करणे. लोखंडी नळांना गंज चढू नये म्हणून आतून व बाहेरून ओले डांबर (कोलटार) लावतात. प्रत्येक नळाची पाण्याचा दाब सहन करण्याची शक्ती अजमावण्यासाठी जलदाब चाचणी घेतात. पाण्याच्या ज्या दाबासाठी नळ तयार केला असेल त्याच्या दुप्पट दाबास चाचणी घेण्यात येते. चाचणी यशस्वी ठरल्यावर नळाचे वजन करण्यात येऊन ते वजन नळाच्या तोंडाच्या आतील बाजूस तेली रंगाने लिहितात. ७५ मि. मी. पासून १२०० मि.मी. व्यासापर्यंतचे नळ बनवितात. नळांची लांबी ३ ते ६ मीटरपर्यंत असते. ओतीव लोखंडाच्या (बिडाच्या) नळांचे आयुष्य १०० वर्षे तरी असतेच. मात्र नवीन नळ वापरात आणल्यापासून जसजशी जास्त वर्षे होत जातात तसतशी त्यांची पाण्याचे परिमाण वाहून नेण्याची क्षमता कमी कमी होत जाते. कारण नळाच्या आतील भागावर एक प्रकारचा साकातयार होत राहून व्यास कमी कमी होत जातो. हे नळ वजनाने जड असतात. त्यामुळे ते एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणी नेण्या-आणण्याचे वाहतुकीचे काम अवघड होऊन बसते. तसेच फूटतूट मोठ्या प्रमाणावर होऊ शकते. मात्र नळांची किंमत माफक असते. आणि नळ धडपणे बसविला गेल्यावर तो टिकाऊ असतो. दोन नळ एकमेकांस जोडण्यासाठी नरमादी सांधा, आटे असलेला सांधा, किंवा नळाच्या टोकाशी असलेल्या थाळ्या (फ्लान्ज) नटबोल्टच्या साहाय्याने जोडावयाचा सांधा यांची सोय केलेली असते. पाइपलाइनसाठी लागणारे बेंड, टी, वाय्, इत्यादींसारखे विशिष्ट भाग व झडपा सहज उपलब्ध होऊ शकतात हाही एक फायदा आहे. पाण्यासाठी वापरावयाच्या नळांचे नरमादी सांधे शिसे वापरून घट्ट करतात; तर सांडपाण्यासाठी वापरावयाच्या नळांचे नरमादी सांधे पॅकिंग-रस्सी आणि सिमेंट वापरून घट्ट करतात. कारण तेथे प्रवाहाच्या दाबाचा प्रश्न येत नाही.

पोलादाचे नळ :पोलादी सपाट पत्रा रोलिंग मिलमध्ये घालून पाहिजे त्या व्यासाचे नळकांडे तयार करतात. या नळकांड्याच्या उभ्या कडा रिबिट वापरून किंवा वेल्डिंग करून जोडतात. जोडविरहित पोलादी नळ्या ३ मिलिमीटर पासून ६०० मिलिमीटर व्यासापर्यंत तयार करता येतात. यापेक्षा मोठ्या व्यासासाठी मात्र वर दिल्याप्रमाणे जोडाचे नळ तयार करावे लागतात. पोलादी नळ बाहेरून पडणारा जास्त दाब सहन करू शकत नाहीत. पोलादाचे किंवा शुद्ध लोखंडाचे नळ बिडाच्या नळापेक्षा जास्त ताकदीचे असतात; आणि वजनाने हलके पण असतात. पोलादी नळाचे सुटे भाग एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणी पाठविता येतात, आणि मग रिबिटच्या अगर वेल्डिंगच्या साहाय्याने ते जोडून पूर्ण नळ तयार करता येतात. हा पोलादी नळांचा फार मोठा फायदा आहे. मात्र पाइप लाइनसाठी लागणारे विशिष्ट भाग सहजासहजी तयार करता येत नाहीत. पोलादी नळांवर गंज चढतो; त्यामुळे त्यांचे आयुष्य ३५ ते ५० वर्षे इतकेच असते. पोलादी नळावर गंज चढू नये म्हणून आणि नळाची थोडीफार ताकद वाढावी म्हणून आतून बाहेरून सिमेंट कॉंक्रिटचा लेप देण्याची प्रथा आहे.

सिमेंट कॉंक्रिटचे नळ : हे नळ दोन प्रकारे तयार करतात : एक म्हणजे सलोह सिमेंट कॉंक्रिटचे (आर. सी. सी.), आणि दुसरे म्हणजे पूर्वतन्य कॉंक्रिटचे (प्रीस्ट्रेस कॉंक्रिट). पाणीपुरवठ्याच्या मोठ्या व्यासाच्या पाइप लाइनसाठी कॉंक्रिटचे नळ वापरतात, पण पाणीवाटपाच्या लहान नळ्यांसाठी ते वापरत

अनुक्रमणिका

नाहीत. पुष्कळ वर्षे वापरात राहूनसुद्धा काँक्रिटच्या नळीचे जलशास्त्रीय गुणधर्म चांगलेच राहतात (नळाचा स्थिरांक १४० ते १५०). काँक्रिटचे नळ खंदकातील त्यांच्यावरील भरावाचे वजन आणि बाहेरून पडणारा दाब चांगल्या प्रकारे सहन करू शकतात. तसेच अशा नळांवर गंज चढू शकत नाही. त्यांच्यावरील देखभालीचा खर्च कमी येतो. मात्र आकुंचनामुळे तडे पडल्याने नळांतून पाणी झिरपू शकते. अशा वेळी नळांची दुरुस्ती करणे कठीण जाते. काँक्रिटचे नळ पूर्वनिर्मित किंवा जागेवर ओतलेलेअसू शकतात.पूर्वनिर्मित नळांची जाडी कमी असते. जेव्हा नळाचा व्यास १५०० मि.मी. पेक्षा जास्त लागतो तेव्हा जागेवर ओतलेले काँक्रिटचे नळ वापरतात. वजनाने हलके असलेले नळ वापरावयाचे झाल्यास पूर्वतन्य काँक्रिटचे नळ वापरतात. अशा नळांचे काँक्रिट नेहमीच दडपणाखाली ठेवलेले असते. जागेवर काँक्रिट ओतून तयार केलेल्या नळांच्या बाबतीत वाहतुकीचा खर्च कमी येतो. काँक्रिटचे नळ जसजसे वापरात येतात तसतशी त्यांची क्षमता वाढत जाते. अशा नळांची आयुर्मर्यादा बरीच वर्षे असते. सर्व प्रकारच्या काँक्रिटच्या नळांच्या बाबतीत बिडाचेच विशिष्ट भाग वापरतात.

लाकडाचे नळ :लाकडाचे नळ जास्तकरून थंड प्रदेशात वापरण्यात येतात. पाइन, फर, रेडवुड, रेडसीडर आणि सायप्रस झाडे यांच्या लाकडापासून नळ बनवितात. हे नळ लाकडाच्या वर्तुळाकार फळ्या वापरून पाहिजे त्या व्यासाचे तयार करता येतात. लहान व्यासाचे नळ ओंडक्यांना मधोमध भोक पाहून बनविता येतात. लाकडी नळांच्या बाहेरच्या बाजूवर भक्कमपणासाठी पोलादी अगर लोखंडी पट्ट्या बसवितात, किंवा तार गुंडाळतात. लाकडी नळ वजनाने हलके असतात आणि त्यांच्यावर गंज चढत नाही. मात्र हे नळ बाहेरून पडणारा जास्त दाब सहन करू शकत नाहीत. तसेच जेथे हवा कोरडी किंवा आळीपाळीने कोरडी व ओली असेल अशा ठिकाणी लाकडी नळ फारसे उपयोगी पडत नाहीत. लाकडी नळांच्या बाबतीत गंज चढू शकत नसल्याने त्यांची क्षमता कमी होत नाही. त्यांची आयुर्मर्यादा २५ ते ४० वर्षांपर्यंत असते. लाकडी नळाच्या बाहेरच्या बाजूवरील लोखंडी पट्ट्या अगर तारा गंजू नयेत म्हणून डांबर किंवा त्यासारखा गंज चढू न देणाऱ्या पदार्थाचा थर देतात. लाकडी नळांना खर्च कमी येतो. मात्र पाण्याच्या जास्त दाबासाठी ते टिकाऊ नसतात. दोन नळ जोडण्यासाठी लाकडी अगर पोलाद किंवा बिडाचा गळपट्टा (कॉलर) वापरतात, व नेहमी लागणारे विशिष्ट भाग बिडाचेच वापरतात.

प्लॅस्टिकचे नळ :प्लॅस्टिक या पदार्थावर काम करणे सोपे असल्यामुळे अलीकडे दिवसेंदिवस प्लॅस्टिकच्या नळांचा वापर वाढू लागला आहे. अशा नळांवर गंज चढू शकत नाही. त्यामुळे त्यांची क्षमता टिकून राहते. हे नळ वजनाने हलके असून किमतीने स्वस्त असतात. नळ एकमेकांना जोडणे, विशिष्ट भाग बसविणे इत्यादी गोष्टी प्लॅस्टिक नळांच्या बाबतीत करणे सोपे जाते. प्लॅस्टिक हा पदार्थ कृत्रिमरीत्या तयार होत असल्याने पाहिजे ते गुणधर्म त्यात आणता येतात. त्यामुळे जास्त दाब सहन करू शकतील असे प्लॅस्टिकचे नळ तयार करणे शक्य होते.

ॲसबेस्टॉस सिमेंटचे नळ :ॲसबेस्टॉसचे धागे, सिमेंट आणि वाळू यांचे मिश्रण तयार करतात व पुष्कळ दाब देऊन साच्यात ॲसबेस्टॉस सिमेंटचे नळ बनवितात. हे नळ वजनाने पुष्कळच हलके असतात, व सहजपणे ते कापता व जोडता येतात. अशा नळांवर गंज चढू शकत नाही. नळांचा स्थिरांक १४० पर्यंत असल्यानेपाणी वाहून नेण्याची क्षमता चांगली असते. ॲसबेस्टॉस सिमेंट नळांच्यासाठी विस्तारसंधी-जोड लागत नाहीत. अशा नळांना भोक पाडून सर्व्हिस कनेक्शन करता येते. दोन नळ एकमेकांना जोडण्यासाठी गळपट्टी आणि रबराचे कडे वापरतात. बाहेरून जास्त दाबाखाली हे नळ टिकू शकत नाहीत.

अनुक्रमणिका

जस्ताचा लेप लावलेल्या लोखंडाच्या नळ्या (गॅल्व्हनाइज्ड् पाइप्स) : गंज चढू नये म्हणून लोखंडी नळ्यांना आतून व बाहेरून जस्ताचा लेप लावलेला असतो. हा लेप जस्ताचा गरम रस ठेवलेल्या टाकीत नळ्या बुडवून लावतात. बहुधा अशा नळ्या रस्त्यावरील पाण्याच्या नळापासून ते घरापर्यंतच्या द्यावयाच्या सर्व्हिस कनेक्शनसाठी वापरतात. तसेच घरामध्ये जे पाणी खेळवावे लागते त्यासाठीही वापरतात. या नळ्यांवर बसवावी लागणारी टी, वाय, सॉकेट, बेंड, इत्यादी सर्व प्रकारची विशिष्ट्ये उपलब्ध असतात. १२ मिलिमीटर पासून ते १५० मिलिमीटर व्यासापर्यंत अशा नळ्या मिळू शकतात.

११-८. नळांच्या अंगभूत वस्तू :

नळांच्या अंगभूत वस्तूंमध्ये विस्तार—संधी—जोड, मिट-पडदा किंवा पाणतोड झडप, गोलक झडप, एक-तरफा झडप, हवा मुक्तता झडप, उच्चांश झडप, धूप झडप, दाब झडप, इत्यादी झडपा, आणि अग्निशामक नळ यांचा समावेश होतो. पाणी वाटप योजनेतील नळांच्या जाळ्यांमध्ये ठिकठिकाणी अशा अंगभूत वस्तू बसवाव्या लागतात. प्रत्येक अंगभूत वस्तूचे विशिष्ट कार्य असते, आणि त्यानुसार कोणत्या ठिकाणी कोणती अंगभूत वस्तू पाहिजे ते ठरवावे लागते. वरील प्रत्येक अंगभूत वस्तूचे कार्य थोडक्यात खाली दिले आहे.

विस्तार-संधी-जोड (Expansion joints) : उष्णता आणि इतर दबाव यांच्यामुळे धातूंच्या नळांची लांबी वाढते. तसेच तपमान कमी झाल्यावर आकुंचन क्रियाही होते. यावर उपाय म्हणून दोन नळांमध्ये थोडे अंतर ठेवून तेथे विस्तार-संधी-जोड केलेला असतो.

मिट-पडदा किंवा पाणतोड झडप (Gate valve or Cut-off valve) : सरळ पाइप लाइनवर साधारणतः १५० ते २४० मीटर अंतरावर मिट-पडदे बसवितात पाणी वाटप योजनेतील नळावर अशा रीतीने मिट-पडदे बसवितात. की दुरुस्ती किंवा इतर कारणासाठी जर नळाच्या एखाद्या भागातील पाणी बंद करावे लागले तर ते इतर भागांतील पाणी बंद न पडता करता आले पाहिजे.

गोलक झडप (Globe valve) : अशा झडपा १०० मिलिमीटर किंवा त्यापेक्षा कमी व्यासाच्या नळ्यांवर बसवितात. गोलक झडपेमुळे पाण्याचा प्रवाह कमी-जास्त करता येतो. विशेषतः घरांमध्ये जे प्लंबिंगचे काम केले जाते त्यातील हात धुण्याचे भांडे, आंघोळीचे टब, शॉवर, पाण्याची टाकी, इत्यादी ठिकाणी गोलक झडपा बसवितात.

एक-तरफा झडप (Non-return valve, check valve or reflex valve) : या झडपेचे कार्य आपोआप चालते. ही झडप बसविल्यावर पाणी नळातून एकाच दिशेने वाहू शकते. प्रवाहाने उलट दिशेने वाहण्याचा प्रयत्न केल्यास झडप आपोआप बंद होते. एक-तरफा झडपा उद्वाहक नळीवर बसवितात. तसेच जास्त लांबीच्या पाइप लाइनवर साधारण ३०० मीटर अंतरावर या झडपा बसवितात. त्यामुळे लाइन कोणत्याही ठिकाणी फुटल्यास फक्त ३०० मीटर लांबीतील पाणीच वाहून वाया जाते.

हवा मुक्तता झडप(Air relief valve) : पाण्याच्या प्रवाहात हवा असते. पाइप लाइनमधील उंच उंच ठिकाणी ही हवा साठते, आणि त्यामुळे पाण्याचे परिमाण कमी होते. यासाठी नळीवरील प्रत्येक उंच

अनुक्रमणिका

ठिकाणी हवा-मुक्तता झडप बसवितात. त्यामुळे नळीत साठलेली फक्त हवा नळीबाहेर निघून जाऊ शकते. हवा निघून जाताच झडप बंद होते.

उच्चांश झडप (Altitude valve) : उंच पातळीवरील टाक्यांना पाणीपुरवठा करणाऱ्या नळांवर उच्चांश झडपा बसवितात. ज्या वेळी पाण्याची टाकी पूर्ण भरेल त्या वेळी उच्चांश झडप आपोआप बंद होते व पंपाकडून टाकीकडे जाणारा पाण्याचा प्रवाह थांबतो.

धूप-झडप (Scour valve) : पाइप लाइनच्या ज्या ज्या ठिकाणी सर्वात खोलगट भाग असेल अशा खोल बिंदूपाशी धूप-झडप बसवितात. तसेच पाणीवाटप योजनेतील नळांच्या अंतिम टोकांशी (उदा.— वृक्षवत पद्धत) धूप-झडप बसवितात. अशा झडपा उघडल्याने नळातील साचलेला गाळ किंवा साका पाण्याच्या दाबाबरोबर नळाबाहेर पडतो व नळ स्वच्छ करता येतात. झडपेतून स्वच्छ पाणी बाहेर पडू लागताच झडप बंद करतात. या झडपा मिट-पडद्याप्रमाणेच असतात.

दाब-झडप : यात दोन प्रकार आहेत. जेव्हा जास्त दाबाकडून कमी दाबाच्या योजनेकडे पाणी पाठवायचे असते तेव्हा दाब-नियंत्रण झडप वापरतात; आणि दुसरा प्रकार, जेव्हा बंद टाकीत निर्माण झालेला जास्तीचा दाब कमी करावयाचा असेल तेव्हा वापरतात.

अग्निशामक नळ :अग्निशामक नळ किंवा फायर हायड्रन्ट रस्त्यावरील पाण्याच्या मुख्य नळाला जोडलेले असतात. अशा अग्निशामक नळावर झडप बसवून एरवी ती बंद ठेवलेली असते. आगीच्या वेळी झडप खोलून नळातून आग विझवण्यासाठी पाणी घेण्यात येते. काही अग्निशामक नळांची तोंडे रस्त्याच्या पातळीवर एकमीटर उंचीवर असतात, त्याला नळखांब म्हणतात. काही तोंडे मात्र रस्त्याच्या पातळीतच पेटीमध्ये असतात. पाणीवाटप योजनेतील नळांच्या जाळीवर अग्निशामक नळ अशा रीतीने बसवितात की, प्रत्येक अग्निशामक नळ हा मध्यबिंदू कल्पून ६० ते ९० मीटर त्रिज्येची वर्तुळे काढल्यास ती वर्तुळे एकमेकांस छेदतील; याचाच अर्थ कोणत्याही १५० मीटर अंतरावर अग्निशामक नळ उपलब्ध होऊ शकतो.

११-९. पाण्याचे नळ टाकणे, चाचणी घेणे, आणि निर्जंतुक करणे :

पाण्याचे नळ टाकणे :पाणीवाटप योजनेचा आराखडा तयार झाल्यानंतर त्याप्रमाणे प्रत्यक्ष नळ टाकण्याचे काम सुरू करतात. साधारणतः जमीन किंवा रस्त्याच्या पातळीला समान्तर आणि पातळीच्या खाली अशा रीतीने नळ टाकतात की, नळाच्या पृष्ठभागावर कमीत कमी ०·६ ते १ मीटर जाडीचा मातीचा भराव होईल. रस्त्यावरील रहदारी व वाहतूक यांपासून उत्पन्न होणाऱ्या दाबापासून नळाचे पूर्ण संरक्षण होईल याची काळजी घ्यावी लागते. नळ टाकण्यासाठी जे चर खणतात त्यांची रुंदी नळाच्या बाहेरील व्यासापेक्षा ३० ते ४५ सें.मी. ने जास्त ठेवतात. नळांचे सांधे योग्य प्रकारे जोडता यावेत म्हणून प्रत्येक सांध्याखाली जमिनीत लहानसा खड्डा ठेवावा लागतो. चर खणताना काढलेली माती रस्त्याच्या एका बाजूला ठेवतात. आणि नळ विरुद्ध बाजूला ठेवतात. नळ जड असल्यास प्रत्येक नळ यारीच्या किंवा इतर साहाय्याने चरामध्ये ठेवतात. नळाचे तोंड (सॉकेट) उंच पातळीच्या बाजूस करतात. त्यानंतर दुसरा नळ चरात उतरवून पहिल्या नळाला जोडतात. (नर-मादी जोड किंवा इतर जोड) नळ सखल पातळीकडून उंच पातळीकडे बसवीत जातात. जोड केल्यावर नळात माती राहिली नसल्याची खात्री करून घ्यावी लागते. सांधेजोड पक्के करण्यासाठी वितळलेले शिसे किंवा शिशाचे धागे वापरतात. पोलादी नळासाठी

रिबिट किंवा वेल्डिंग करून सांधेजोड करतात. सिमेंट कॉंक्रिट नळांसाठी गळपट्टी (कॉलर), पॅकिंग-रस्सी आणि सिमेंट वापरून सांधेजोड करतात.

चाचणी घेणे :वरीलप्रमाणे सर्व नळ व आवश्यक त्या अंगभूत वस्तू जोडून झाल्यावर (पाइप लाइन तयार झाल्यावर) दर ३०० मीटर लांबीची चाचणी घेतात. ही चाचणी मुख्यतः नळांची शक्ती आणि गळती तपासण्यासाठी असते व ती दाबयुक्त पाण्याच्या साहाय्याने घेतली जाते. जेव्हा झडपा बसविलेल्या असतील तेव्हा दोन जवळ जवळच्या झडपांमधील नळांच्या लांबीची चाचणी घेतात. नळांमध्ये पाणी भरून छोट्या हातपंपाच्या साहाय्याने पाण्यावरील दाब वाढवतात. हा दाब नळाच्या जास्तीत जास्त कार्यान्वित दाब सहन करण्याच्या ताकदीपेक्षा १० ते १५ टक्क्यांनी जास्त ठेवतात. दाब कळण्यासाठी दाब मोजण्याचे घड्याळ (प्रेशरगेज) वापरतात आणि दिलेला दाब जशाचा तसा २० मिनिटांपर्यंत राहिल्यास नळांमध्ये अगर सांध्यांत दोष नाही (गळती नाही) असे मानतात. दाब जशाचा तसा न राहता कमीकमी होतराहिल्यास कोठे तरी गळती होत आहे असे मानून गळती शोधून दुरुस्ती करावी लागते. सांधाजोड नीट झाला नसल्यास परत पुन्हा करावा लागतो.

चाचणी योग्य प्रकारे करून सर्व नळ व अंगभूत वस्तू नीट बसल्या आहेत याची खात्री झाल्यावर माती टाकून चर बुजवण्यास सुरुवात करतात. प्रथम दगडाविरहित निवडलेली माती नळांभोवती टाकून त्यावर पाणी शिंपून दाबून बसवितात. नळावर अशा मातीचा योग्य त्या जाडीचा थर तयार झाल्यावर बाकी राहिलेला चराचा भाग उरलेले सर्व डबर व माती टाकून भरतात व चांगल्या प्रकारे घट्ट करतात. त्यासाठी त्यावर रूळ फिरवतात.

नळ (पाइप लाइन) निर्जन्तुक करणे :पाणीवाटपयोजनेच्या आराखड्यानुसार पाइप-लाइन टाकून तयार झाल्यावर ती वापरण्यात आणण्यापूर्वी सर्व नळांचे निर्जन्तुकीकरण करावे लागते. यासाठी परक्लोरान, हायक्लोर, कॅप्रॉइट, सोडियम हायपोक्लोराइटचा द्राव, विरंजकचूर्णाचा (ब्लीचिंग पावडर) द्राव किंवा क्लोरिन वायू यांचा उपयोग करतात. नळातील पाण्यात भरपूर प्रमाणात क्लोरिन मिसळतात. इतका की, १२ तासांच्या संयोगकालानंतर पाण्यात ५० भाग प्रतिदशलक्ष इतका अवशिष्ट क्लोरिन राहील. या कालावधीत नळातील सर्व जीवजंतू मरतात, आणि अशा प्रकारे निर्जन्तुकीकरण होते. हे झाल्यावर पाइप लाइनवरील सर्व झडपा आणि अग्निशामक नळ उघडून त्यामार्गे क्लोरिनमिश्रित पाणी काढून टाकतात व नवीन शुद्ध पाणी चालू करतात. क्लोरिनचा वास येणे बंद झाल्यावर सर्व झडपा आणि अग्निशामक नळ बंद करून टाकतात. नंतर नळातील पाण्याचा नमुना घेऊन त्याचे पृथक्करण करतात, आणि सर्व दृष्टीने पाणी पिण्यायोग्य झाले आहे अशी खात्री पटल्यावर ग्राहकांना पाण्याचे वाटप सुरू करतात. सुरुवातीला खबरदारी म्हणून ‘पाणी उकळून प्यावे’ अशी ग्राहकांना नोटिशीद्वारे विनंती करण्यात येते.

११-१०. पाणीवाटप यंत्रणेची देखभाल :

पाणीवाटप यंत्रणा विना-अडथळा व्यवस्थित चालण्यासाठी देखभालीची अत्यंत आवश्यकता असते. तसेच तडकलेले किंवा फुटलेले नळ, झिजलेल्या झडपा, इत्यादी गोष्टींची त्वरित दुरुस्ती करणे फार महत्त्वाचे असते. पाणीवाटप यंत्रणेच्या देखभालीत खालील गोष्टींचा समावेश होतो : (अ) नोंदी

(रेकॉर्ड) ठेवणे, (ब) मुख्य नळ स्वच्छ करणे, (क) पाण्याचा नाश थांबविणे, (ड) अग्निशामक नळ, झडपा, आणि इतर अंगभूत वस्तू सुस्थितीत राखणे, (इ) नळ आणि होणारी गळती शोधून काढणे.

(अ) नोंदी ठेवणे :देखभालीच्या दृष्टीने सर्व पाणी वाटप योजनेचे अद्ययावत नकाशे ठेवणे फार जरुरीचे असते. प्रत्येक महिन्यात जुने नळ किती काढले व नवीन नळ किती लांबीचे, कोणत्या व्यासाचे व कोठकोठे बसविले त्याची सविस्तर नोंद;तसेच आज तारखेपर्यंत बसविलेल्या निरनिराळ्या व्यासाच्या नळांची एकूण लांबी; अग्निशामक नळांचे प्रकार, आकार, आणि बसविलेले एकूण नग व जागा, दिलेल्या सर्व्हिस कनेक्शन्सची संख्या आणि तपशील इत्यादी अनेक गोष्टींचा सारांश आणि नोंदी करून ठेवणे आवश्यक असते. झालेल्या कामाची आणि त्यासाठी लागलेल्या खर्चाची नोंद, तसेच काम करण्यासाठी दिलेल्या हुकुमांची (वर्क ऑर्डर) नोंदही ठेवावी लागते.

(ब) मुख्य नळ स्वच्छ करणे : काही वर्षे नळ वापरात राहिल्यावर त्यांच्या आतील भागावर साका साठून एक प्रकारचा थर जमा होतो व त्यामुळे पाणी वाहून नेण्याची नळाची क्षमता कमी होते. अशा वेळी नळाच्या आतील भागावर साचलेला थर यंत्र वापरून खरवडून काढावा लागतो. नळ स्वच्छ करण्याचा एक उपाय म्हणजे रबरी चेंडूवर तारेची जाळी घट्ट गुंडाळून नळावरील टी किंवा वाय सांध्यातून नळात घालणे आणि त्या पाठोपाठ जास्त दाबाने पाणी सोडणे. पाण्याच्या दाबाने चेंडू पुढे रेटला जाऊन त्यावरील जाळीमुळे नळाच्या आतील भागावर साचलेला थर खरवडून निघतो. पाण्याऐवजी चेंडूला साखळी किंवा केबल बांधून तो ओढला असताही वरीलप्रमाणेच क्रिया होऊन नळ स्वच्छ होतो. खरवडून निघालेली घाण बाहेर काढून टाकण्यासाठी अग्निशामक नळखांबांचा उपयोग करतात. लहान व्यासांचे नळ स्वच्छ करण्यासाठी रसायने किंवा आम्ल यांचा उपयोग करतात. सर्व्हिस नळ स्वच्छ करण्यासाठी दापित हवेचा उपयोग करता येतो. पाणीवाटप योजनेतील ज्या नळांवर अंतिम टोके असतात त्यांतील साचून राहिलेले पाणी धूप-झडपा उघडून काढून टाकावे लागते. ज्या वेळी गलंतिकेचा उपयोग न करता फक्त निक्षेपण केलेले पाणीच पुरवले जाते अशा बाबतीत नळ स्वच्छ करणे भागच असते.

(क) पाण्याचा नाश थांबविणे :गळणे आणि वाया जाणे यामुळे पाण्याचा बराच नाश होतो. तसेच मुख्य नळातील पाण्याचा दाबही कमी होतो. वाया जाणारे पाणी शोधून काढण्यासाठी 'पिटॉमीटर सर्व्हे' करतात. यासाठी सर्व पाणीवाटपविभागाचे लहान लहान भाग अशा रीतीने पाडतात की प्रत्येक लहान भागास पाणी पुरवणारा एक मुख्य नळ राहील. या मुख्य नळाच्या दोन्ही बाजूंच्या तोंडात पिटॉमीटर बसवून नळातून वाहणाऱ्या पाण्याच्या प्रवाहाचे परिमाण मोजतात. ज्या वेळी पाण्याचा वापर जवळ जवळ नसतोच (म्हणजे अगदी पहाटे), अशा वेळी दोन्ही पिटॉमीटरमध्ये सारखेच रीडिंग (मापन नोंद) असावयास पाहिजे. परंतु त्या भागात नळांतून पाणी वाया जात असल्यास, गळत असल्यास, किंवा वाजवीपेक्षा जास्त वापर होत असल्यास मुख्य नळाच्या दोन बाजूंच्या मापन नोंदीत बराच फरक येईल. असे झाल्यास त्या लहान भागाचे आणखी लहान लहान भाग पाडून आणि घराघरांतील प्लंबिंगच्या कामाची तपासणी करून पाणी कोठे वाया जात आहे हे शोधून काढता येते. आणि मग त्यावर योग्य तो इलाज करून पाण्याचा नाश थांबविता येतो.

(ड) अग्निशामक नळ, झडपा आणि इतर अंगभूत वस्तू सुस्थितीत राखणे : पाण्याचा नाश टाळण्यासाठी आग्निशामक नळ, झडपा, इत्यादी गोष्टी सुस्थितीत ठेवाव्या लागतात. तसेच गंज चढू नये म्हणून आणि वापरण्यास सोपे जावे म्हणून सर्व अग्निशामक नळ, झडपा आणि इतर अंगभूत वस्तू यांना

मधून मधून वंगण लावावे लागते. अग्निशामक नळखांब तुटले अगर मोडले जाऊ नयेत म्हणून ते शक्य तितक्या सुरक्षित जागीच बसवावे लागतात.

(इ) नळ आणि होणारी गळती शोधून काढणे :पाणीवाटप योजनेचे अद्ययावत आराखडे उपलब्ध नसतील किंवा नळांची व इतर गोष्टींची सविस्तर नोंद ठेवलेली नसेल तर अशा वेळी दुरुस्तीसाठी जमिनीखालील नळ आणि त्यातून होणारी गळती शोधून काढावी लागते. नळ शोधण्यासाठी 'नळ-शोध यंत्रा'चा उपयोग करतात. त्यानंतर गळती शोधण्यासाठी खालील पद्धतींपैकी योग्य व सोयीची पडेल ती पद्धत वापरतात : (१) ध्वनिगज, (२) मीठ किंवा रंगाचा उपयोग, (३) नळात हवा सोडणे, (४) तोयालिक क्रमणी नितार (हैड्रॉलिक ग्रेड लाइन), (५) जलधप्प इत्यादी.

ध्वनिगज पद्धत जेव्हा नळ जमिनीखाली थोड्याच अंतरावर असेल तेव्हाच उपयोगी पडते. एका धातूच्या गजाचे टोक टोकदार केलेले असते. हा गज जमिनीत ठिकठिकाणी प्रथम खुपसून व मग लगेच बाहेर काढून बघतात. ज्या ठिकाणी गजाला ओली माती चिकटेल त्या ठिकाणी नळातून पाणी गळत असल्याचे आढळेल.

मीठ, रंग किंवा नळात हवा सोडणे या सोप्या पद्धती आहेत. ज्या ठिकाणी गळती असेल त्या ठिकाणी रंग किंवा हवेचे बुडबुडे नळाबाहेर येताना दृष्टीस पडतील.

लांब नळांच्या (पाइप लाइन) बाबतीत तोयालिक क्रमणीनितार पद्धत उपयोगी पडते. पूर्ण लांबीवर ठिकठिकाणी नळातील पाण्याचा दाब मोजून त्याचा आलेख काढतात. ज्या ठिकाणी गळती असेल त्या बिंदूच्या दोन्ही बाजूंस आलेख रेषा उतरती होत गेल्याचे आढळून येईल. याचे कारण गळतीच्या बिंदूकडील दाब कमी कमी होत जातो.

जलधप्प पद्धतही लांब नळांच्या व झडपा असलेल्या आणि नळांवर महत्त्वाच्या शाखा नसलेल्या पाइप लाइनच्या बाबतीत योग्य ठरते. प्रथम झडप उघडून पाइप लाइनमध्ये पाण्याचा स्थिर प्रवाह चालू ठेवतात; आणि मग तीच झडप एकदम बंद करून नळातील दाबाची नोंद घेतात. झडप एकदम बंद केल्याने पाइप लाइनमध्ये तयार झालेली दाबाची लहर गळतीच्या ठिकाणापर्यंत पोहोचते व त्याच बिंदूशी तिचा दाब बऱ्याच प्रमाणात कमी होतो. आणि आता पूर्वीचीच परंतु कमी दाबाची लहर पुन्हा झडपेकडे परत जाते. याच वेळी झडपेपाशी कमी झालेल्या दाबाची पुन्हा नोंदघेतात व पूर्वीच्या म्हणजे सुरुवातीच्या व आत्ताच्या दाबांतील फरक काढतात. झडप आणि गळतीचा बिंदू यांतील अंतर दाबाच्या लहरीने एकूण दोनदा कापलेले असते (सुरुवातीला गळतीच्या बिंदूकडे जाताना आणि नंतर तेथून झडपेकडे परत येताना). हे घडून येण्यासाठी किती वेळ लागला त्याची नोंद करून गळतीच्या बिंदूचे झडपेपासून अंतर खालील सूत्र वापरून काढतात :

$$\text{अंतर (मीटरमध्ये)} = \frac{\text{वेळ (सेकंद)} \times \text{वेग (दाबाच्या लहरीचा दर सेकंदास मीटर)}}{२}$$

अनुक्रमणिका

विषय-सूची

अ

अ-आयनीभवन पद्धत

अ-खनिजीकरण पद्धत

अग्निशमनासाठी लागणारे पाणी

अग्निशामक नळ

अग्निशामक नळ, झडपा आणि इतर अंगभूत वस्तू सुस्थितीत राखणे

अणुशक्तीचा वापर

अंतर्झरण विहिरी

अंतिम टोक पद्धत

अमोनियाटर

अरीय पद्धत

अवशिष्ट क्लोरिन

अशुद्ध पाण्यामुळे होणारे रोग

आ

आघात छेदन विहिरी

आर्टेशियन झरा

आडवा प्रवाह

आयताकृती निक्षेपण टाकी

आयन विनिमय पद्धत

आयोडिन

ऑरथोटोलिडिन चाचणी

ॲसबेस्टॉस सिमेंटचे नळ

इ

इतस्ततोगामी पंप

इन्टझ-टाकी

इंग्लिसचे सूत्र

उ

उंचीतील घटदर्शक

उच्चांश झडप

उत्तर-हरिनीकरण

उद्वाहक नळी

उपलब्धता वक्ररेषा

उपादान

उपादान बुरूज

उपादानांचे वर्गीकरण

उपादानांचे प्रकार

उपादानासाठी योग्य ठिकाणाची निवड

उभा प्रवाह

ऊर्ध्वपातन

ऋ

ऋण उंची

ए

एक-तरफा झडप

एकरूपता गुणांक

एकूण उंची

ओ

ओझोन

ओतीव लोखंडाचे नळ

ओला उपादान बुरूज

ओसंडून वाहण्याचा वेग

क

कणसंकलन

कारंजी विहीर

कालवा उपादान

किलाटके

किलाटन

किलाटन टाकी

केन्द्रोत्सारी पंप

अनुक्रमणिका

केन्द्रोत्सारी पंपाचे फायदे
कैन्द्रिक प्रवाह
कोअर (गर्भ) ड्रिल विहीर
कोरडा उपादान बुरूज
क्लोरामाइन्स
क्लोरिन-अमोनिया
क्लोरिन डायॉक्साइड
क्लोरिनची प्रक्रिया
क्लोरोनोम
क्लोरोस्कोप

ख

खारट पाण्याचे अलवणीकरण
खेचक नळी
खोदीव विहिरी
खोसलांचे सूत्र

ग

गलंतिका
गलंतिका धुण्याची कार्यपद्धती
गलंतिका धुण्यासाठी दापित हवा
गलंतिकेची स्वच्छता
गलंतिकेचे कार्य
गलंतिकेचे प्रकार
गलंतिकेच्या कार्यासाठी लागणारे नळ आणि मिट-पडदे
गलंतिकेत आत येणाऱ्या आणि बाहेर जाणाऱ्या पाण्याचे नियंत्रण
गलंतिकेतील वाळूचा थर
गलंतिकेवरील आणखी काही उपकरणे
गॅसोलिन शक्ती
गाळलेल्या पाण्याच्या दराचे नियंत्रण
गाळलेल्या पाण्याची पेटी
गुणित टप्प्याचे ऊर्ध्वपातन
गोठवणे
गोलक झडप

घ

घाणेरडी त्वचा

च

चक्रीपद्धत
चाचणी घेणे
चाचण्या (भौतिक, रासायनिक आणि जीवशास्त्रविषयक)
चाचण्यांसाठी पाण्याचे नमुने
चुना पद्धत
चुना-सोडा पद्धत

ज

जलचक्र
जलदगती गलंतिका
जलदगती गलंतिकेची कार्यपद्धती
जलदगती गलंतिकेची कार्यक्षमता
जलदगती गलंतिकेची क्षमता
जलनिःस्पंदन
जल-पंपवहन
जलमेष पंप
जलवाटप
जलशुद्धीकरण
जलसंचय समर्थता
जलाशय
जलाशय उपादान
जलाशयासाठी जागा
जलोत्सारण पंप
जस्ताचा लेप लावलेल्या लोखंडाच्या नळ्या
जॅक-विहीर (जॅक्‌वेल)
जादा हरिनीकरण

अनुक्रमणिका

गुणित परिणामकारक ऊर्ध्वपातन

जीवजंतूंची जीवनक्रिया

जीवजंतूंचे वर्गीकरण

झ

झरे

झिओलाइट पद्धत

झिओलाइट फेनदीकरण टाकी

ड

डायाटोमाइट गलंतिका

डिझेल शक्ती

ड्रिलने खणलेल्या विहिरी

त

तपासणी पेटी

तळ-गटारांची योजना

तळ-गटारांचे प्रकार

तळ-गटारे

तृणस्फटिक पद्धत

त्रिज्ञीय पद्धत

द

दाब झडप

दाबयुक्त जलदगती गलंतिका

दाबाचे पृथक्करण

दुय्यम शीतकारी पदार्थ

दुहेरी हरिनीकरण

ध

धूतजल नियंत्रक

धूतजल पन्हळे

धूत झडप

न

जाळी पद्धत

नलिका विहिरी

नळ आणि होणारी गळती शोधून काढणे

नळ निर्जन्तुक करणे

नळांच्या अंगभूत वस्तू

निःस्पंदन शास्त्र

निर्जन्तुकीकरण प्रक्रिया

निर्मळ टाकी

निर्वात गोठण पद्धत

निक्षेपण

निक्षेपण टाक्यांची कार्यपद्धती आणि प्रकार

निक्षेपण शास्त्र

नीलातीत किरण

नोंदी ठेवणे

प

परिधूर्ण पंप

परिपंप

पाझरबोळ

पाणझोताच्या मदतीने खणलेल्या विहिरी

पाणतोड झडप

पाणीपुरवठा योजनेतील पाण्याचे परिमाण

पाणीपुरवठ्याचा इतिहास

पाणीवाटप नळांतील पाण्याचा आवश्यक दाब

पाणीवाटप योजनेतील नळामधील पाण्याच्या दाबाचे पृथक्करण

पाणीवाटप यंत्रणेची देखभाल

पाणीवाटपाचे विभाग

पाणीवाटपाच्या टाक्या

पाण्याचा नमुना घेण्याची कृती

पाण्याचा नाश थांबविणे

नदी उपादान
नलकूप

पाण्याची मागणी व परिमाण
पाण्याचे उगम
पाण्याचे गुणधर्म आणि पृथक्करण
पाण्याचे नळ टाकणे, चाचणी घेणे, आणि निर्जन्तुक करणे
पाण्याचे पृथक्करण
पाण्याचे फेनदीकरण
पाण्याचे महत्त्व
पाण्याच्या नळांचे प्रकार
पाण्यातील रोगजंतु-विनाशन
पिण्याच्या पाण्याची भारतीय मानके
पुनर्भरण पद्धत
पुनरुज्जीवन
पूर्व हरिनीकरण
पोलादाचे नळ
पंपगृह रचना व कार्य
पंप चाचणी पद्धत
पंप चालविण्यासाठी लागणाऱ्या शक्तीचे प्रकार
पंप-विहीर
पंपाची अश्वशक्ती
पंपाची आवश्यकता
पंपाची योग्य निवड
पंपाचे प्रकार
प्रभावित कर्ब
प्रभावी आकार
प्रवाह दरदर्शक
पृष्ठशोषण
प्लविदे
प्लॅस्टिकचे नळ

फ

पाण्याची गरज

फेनदीकरणाच्या पद्धती
फ्रान्सिसचे सूत्र

ब

बहिर्मार्ग नियंत्रण गिअर
बाष्पदाब ऊर्ध्वपातन
बिंदुभंग हरिनीकरण

भ

भूगर्भस्थ झरा
भूतलस्थ झरा
भू-पृष्ठावरील पाणी
भूमिगत पाणी

म

मागणी रेषा
मिश्रण
मिट-पडदा
मुख्य नळ स्वच्छ करणे
मोरचूद
मंदगती गलंतिका
मंदगती गलंतिकेची कार्यपद्धती
मंदगती गलंतिकेची कार्यक्षमता

य

यांत्रिक गालन

र

रोगजंतु-विनाशन

ल

लाकडाचे नळ
लोकसंख्या : सांप्रत व भावी

व

वर्तुळाकार निक्षेपण टाकी

फवारा-पंप
फेनदीकरणाची आवश्यकता
वलय पद्धत
वर्षास्रवण
वृक्षवत पद्धत
वाताकर्षक पंप
वाफेची शक्ती
वायुमिश्रण
वार्षिक साठा
वाळूची एकरूपता
विद्युत जाळी पृथक्करण पद्धत
विद्युत-द्विविश्लेषण
विद्युत विघटनादी फरक
विद्युत शक्ती
विपरीत जलाभिसरण
विरंजक चूर्ण
विस्तार संधी जोड
विहिरी व त्यांचे प्रकार
विहिरीतील पाण्याची उपलब्धता
विहिरीसाठी कवच व चाळणी

श

शद्धीकरण प्रक्रिया

स

समपर्जन्य रेषा
समान नळ पद्धत
सरासरी वर्षास्रवण मापनाच्या पद्धती
'सिम्प्लेक्स' दर नियंत्रक
सिमेंट काँक्रीटचे तळ
सुरक्षित उपलब्धता
सूची-तळ निक्षेपण टाकी
सौर ऊर्ध्वपातन
स्टार्च आयोडाइट चाचणी
स्टोक्सचे निक्षेपण-वेगाचे सूत्र

ह

हरिनीकरण निरास
हरिनीकरणाची आवश्यकता
हरिनीकरणाच्या सर्वसाधारण पद्धती
हवामुक्तता झडप
हार्डीक्रॉस पद्धत
हायड्रेट पद्धत
हायड्रोकार्बन पद्धत
हितकारक पाणी
हेझनचा निक्षेपण प्रक्रियेबाबतचा निष्कर्ष

पारिभाषिक शब्दांची सूची

अ

अ-आयनी भवन	Deionisation
अकर्बनित	Non-carbonate
अ-खनिजीकरण	Demineralisation
अग्निरोधक	Fire-proof
अग्निशमन	Fire-fighting
अछिद्र	Impcrvious
अतिसूक्ष्म कण	Very fine particles
अतिसूक्ष्म जीवाणू	Virus
अदलाबदल क्षमता	Exchange value
अर्धप्रवेशक्षम पडदा	Semi-permeable membrane
अर्धवर्तुळाकार कौले	Half-round tiles
अनुभवसिद्ध सूत्रे	Empirical formulae
अनुयोजना करणे	Adjust
अफेनद	Hard
अफेनदता	Hardness
अरीय पद्धत	Radial system
अवशिष्ट	Residual
अशुद्ध पदार्थ	Impure substances
अशुद्धे	Impurities
अस्तर	Lining
अश्रुछिद्रे	Perforations, weep holes
अंगभूत वस्तू	Appurtenances
अंतर्झरण विहीर	Infiltration well
अंतर्मार्ग नियंत्रक	Inlet control
अंतिम टोक पद्धत	Radial system

आ

आघात छेदन विहीर	Percussion drilled well
आडपडद्या	Baffle walls
आडवा प्रवाह	Horizontal flow

अनुक्रमणिका

आर्थिक	Economical
आयताकृती	Rectangular
आयन विनिमय पद्धत	Ion-exchange process
आयनीभवन विश्लेषण	Ionization
आयसोटोप	Isotope
आरोग्यदृष्ट्या पाहणी	Sanitary survey
आलेख	Graph
आलंबित	Suspended
आवरण	Scaling

इ

इतस्ततोगामी पंप	Reciprocating pump

उ

उच्यांश झडप	Altitude valve
उज्रगन्धिद	Sulohuretted hydrogen
उत्कलन बिंदू	Boiling point
उत्तर	Post
उत्सर्जक उत्क्षेपक	Ejector
उथळ विहीर	Shallow wall
उद्धनांक	pH
उद्धरण शक्ति-पंप	Buoyancy pump
उद्वाहक नळी	Rising main
उद्वाहक पंप	Centrifugal pump
उद्योगधंद्यासाठी	Industrial use
उपलब्धता	Yield
उपलब्धता वक्ररेषा	Yield curve
उपादान	Intake
उपादान बुरूज	Intake tower
उभी भरती	Vertical rise
उलट जलप्रवाह	Reverse water flow
उष्णता स्थानांतर गुणांक	Heat transfer coefficient
ऊर्ध्वपातन	Distillation
उंच पातळी	High level

ऋ

ऋण उंची	Negative head
ऋणायन	Cation

ए

एकक्रिया	Single acting
एक-तरफा झडप	Non-return valve, check valve, or reflux valve
एकत्रित आलेख	Mass curve
एकदिक् प्रवाह	Direct current
एकरूपता गुणांक	Uniformity coefficient
एकसारखे	Similar
एकंदर कठीणता	Total hardness
एकंदर घनपदार्थ	Total solids
एकंदर वसाहती	Total counts

ओ

ओलसर घट्ट द्राव	Slurry
ओला उपादान बुरूज	Wet intake tower
ओली विहीर	Wet well
ओले डांबर	Coal tar
ओसंडून वाहणे	Overflow

औ

औद्योगिक अपशिष्ट	Industrial waste

क

कठीण	Hard
कणसंकलक	Flocculator
कणसंकलन	Flocculation
कणसंकलनाचा साका	Flocculant precipitate
कणाची घनता	Density of particle
कर्बनित	Carbonate
कर्बद्वि-प्राणिल	Carbon dioxide
कमाल पूरपातळी	High flood level
कलिल	Colloidal

कलिले	Colloids
कवच	Casing
कंकर	Gravel
कृती	Practice
कृत्रिम जलाशय	Artificial reservoir
कायमची कठीणता	Permanent hardness
कायम दर	Constant rate
कारक	Agent
कारंजी विहीर	Artesian well
किरणोत्सारी	Radioactive
किलाटके	Coagulants
किलाटन	Coagulation
किलाटन टाकी	Clarifier
कुंडी	Chamber
केन्द्रोत्सारी पंप	Centrifugal pump
कैन्द्रिक प्रवाह	Radial flow
कोरडा उपादान बुरूज	Dry intake tower
कोरडी विहीर	Dry well

ख

खंडशः निर्वात स्थिती	Partial vacuum condition
खंडित	Intermittent
खारट पाण्याचे अलवणीकरण	Desalination
खोदीव विहिरी	Dug wells
खोलवत	Auger
खोल विहीर	Deep well

ग

गढुळता	Turbidity
गलंतिका	Filter
गव्हाणी	Crib
गळपट्टी	Collar
गारगोटी	Quartz
गाळणी	Strainer

गाळलेले पाणी	Filtered water
गुणक	Factor
गुणगुणात्मक तपासणी	Qualitative examination
गुणधर्म	Quality
गुणित टप्प्यांचे ऊर्ध्वपातन	Multistage distillation
गुणित परिणामकारक ऊर्ध्वपातन	Multiple effect distillation
गुरुत्वाकर्षणाचा वेग	Acceleration due to gravity
गोठवणे	Freezing
गोलक झडप	Globe valve
गोल तोटी	Ball cock

घ

घट	Loss
घनायन	Anion
घरगुती वापरासाठी	Domestic use
घर्षण घट	Friction loss
घर्षणजन्य अडथळा	Frictional resistance
घंटेचा आकार	Bell mouth
घातक पदार्थ	Dangerous substances
घाटातील जागा	Ghat areas
घाण पाण्याचा पाट	Waste water channel

च

चक्री पद्धत	Circular system
चबुतरे	Platform
चलित्र	Motor
चाळणी	Screen
चाळण्यांची क्रमवार माला	Series of sieves
चैतन्य द्रव्य	Protoplasm

छ

छेद क्षेत्र	Cross-sectional area

ज

अनुक्रमणिका

जमिनीच्या पृष्ठभागाकडे पुन्हा येणारे	Seepage to ground surface
जमिनीत साठून राहणारे	Ground storage
जलउंची घट	Water head loss

जलचक्र	Water cycle
जलछिद्र	Perforation, weep hole
जलझेप	Hydraulic jump
जलदगती गलंतिका	Rapid sand filter
जलधप्प	Water hammer
जलप्रस्तर	Aquifer, water bearing formation
जलबंद	Water-tight
जलमेष पंप	Hydraulic ram
जलवाटप	Water distribution
जलशक्ती	Water power
जल-शास्त्रदृष्ट्या पाहणी	Hydrologicai survey
जलशुद्धीकरण केन्द्र	Water purification works
जलशुद्धीकरणाच्या प्रक्रिया	Water purification processes
जलसंचय	Water storage
जलसेतू	Aqueduct
जलसूक्ष्म जीवशास्त्र	Water microbiology
जलाशय	Reservoir
जलाशयातील जलसंचयाची समर्थता	Storage capacity of reservoir
जलोत्सारण पंप	Displacement pump
जागेवर ओतलेले	Cast-in-situ
जाडेभरडे कण	Coarse particles
जाळीपद्धत	Grid iron system
जिवाणू	Virus
जीवजंतूंची जीवनक्रिया	Biological metabolism
जीवनरस	Protoplasm
जीवशास्त्र	Biology
जीवशास्त्रविषयक चाचणी	Bacteriological test

अनुक्रमणिका

जोसपंप (धक्का पंप)	Impulse pump

झ

झिओलाइट	Zeolite
झिरपणे	Percolation
झिलईदार	Glazed

त

तकट	Plate
तक्ता	Chart
तपासणी पेटी	Inspection box
तर	Float
तरती झडप	Floating valve
तरते कडे	Floating ring
तरफ	Level
तरुच्छ्वास	Transpiration
तरंगणारी	Floating
तसराळी	Cascades
तळ-गटारे	Under-drains
तळ-पडदा	Foot valve
तळ-पातळी	Sill reduced level
तृणस्फटिक	Amber
तार-चाळणी	Wire mesh
त्रिजीय पद्धत	Radial system
तीव्रता	Intensity
तोयालिक क्रमणी नितार	Hydraulic gradient line
तोयालिक मध्यम गाह	Hydraulic mean depth

द

दरडोई दर दिवशी	Per capita per day
द्रवाचा चिकटपणा	Viscosity of liquid
दाब मुक्तता झडप	Pressure relief valve
दाबयुक्त जलदगती गलंतिका	Pressure type rapid filter

दाबयुक्त हवा	Compressed air
दापित हवा	Compressed air
दापित हवा नळी	Compressed air pipe
द्रावण	Solution
द्विक्रिया	Double acting
दुहेरी थाप झडप	Double beat valve
दूरदर्शकी नलिका	Telescopic pipe
दूषित होणे	Pollution

ध

ध्वनिगज	Sounding rod
धूतजल पन्हळ	Wash water gutter
धूप झडप	Scour valve

न

न विरघळणारा	Insoluble
नलकूप	Tube well
नवजात प्राणवायू	Nascent oxygen
नळखांब	Hydrant
नळशोधक यंत्र	Pipe locator
नळसज्ञा	Pipe gallery
नळांचे कोंडाळे, नलिकांचे जाळे	Network of pipes
निःस्पंदन	Filtration
निकास नळी	Drain pipe
निकोच वीरक	Notched weir
निर्जन्तुक करणे	Sterilization
निर्मळ टाकी	Clarifier
नियंत्रण फिरक्या	Check nuts
निरिंद्रिय	Inorganic
निवळून बसणे	Settle
निक्षेपण	Sedimentation
निक्षेपण टाकी	Settling tank, sedimentation basin

अनुक्रमणिका

निक्षेपणाचा वेग	Velocity of subsidence
निक्षेपणादी कणसंकलन	Clariflocculator

प

पर्युक्त	Wetted perimeter
परजीवी	Parasitic
परान्नपुष्ट जीवजंतू	Parasitic bacteria
परिपंप, परिघूण पंप	Rotary pump
पहुंच पूल	Approach bridge
पहुंच मार्ग	Approach
पंखा	Impeller
पंख्याचा आकार	Fan shape
पंपगृह	Pump house
पंप-विहीर	Jack well, pump well
पाझरण	Seepage
पाझरबोळ	Infiltration gallery
पातळी दर्शविणारा दर्शक	Level indicator
पाणझोताच्या मदतीने खणलेल्या विहिरी	Jetted wells
पाणतोड झडप	Cut-off valve
पाणथळ जमीन	Water bearing soil
पाणलोट क्षेत्र	Catchment area
पाणवाट	Channel
पाणीपुरवठा नळ व नलिका	Water distribution mains and pipes
पाणीपुरवठा योजना	Water supply scheme
पाणीवाटप पद्धत	Water distribution system
पाणीवाटपाचे विभाग	Zoning of areas
पाणीवाटपाच्या टाक्या	Service reservoirs
पाण्याखालील बुडलेले	Submerged
पाण्याचा झिरपा	Filtration
पाण्याचे उगम	Sources of water supply
पाण्याचे गुणधर्म	Quality of water

पाण्यावरील उघडे	Exposed
पायझडप	Foot valve
पिंजरा	Cage
पुनरुज्जीवन	Regeneration
पूर-नियंत्रण	Flood control
पूर्व–	Pre
पूर्वतन्य	Prestress
पूर्वनिर्मित	Precast
पेशी-भिंत	Cell wall
पोकळ्या	Voids
प्रतवार	Graded
प्रतिवेलांटी	Inverted siphon

प्रतिशतमान	Percentage
प्रभावित कर्ब	Activated carbon
प्रभावी आकार	Effective size
प्रवर्धक	Oxidising agent
प्रवाहाची प्रत्यक्ष मोजणी	Actual gauging of stream flow
प्रस्तर	Stratum. strata
पृथक्करण	Analysis
पृष्ठशोषण क्रिया	Adsorption
प्लविदीकरण	Fluoridation
प्लविदीकरण निरास	Defluoridation
प्लविदे	Fluorides
प्राणिजन्य चिकट पदार्थ	Zoological jelly
प्राणी व वनस्पतिजन्य	Biological
प्राणीकरण	Oxidation
प्राथमिक निक्षेपण	Preliminary sedimentation

फ

फर्न पानाचा आकार	Fern shape
फलाट	Platform

अनुक्रमणिका

फवारा पंप	Jet pump
फिरणारा फाटा	Rotating arm
फेनद	Soft
फेनदीकरण प्रक्रिया	Softening process

ब

बसवी	Shoe
बहिर्मार्ग नियंत्रक	Outlet control
बहीरवाट नलिका	Outlet pipe
बहुतोंडी नळी	Manifold
बहुगुणित	Multiple
बंधारा	Weir
बाष्पदाब ऊर्ध्वपातन	Vapour compression distillation
बाष्पीभवन	Evaporation
बिगर घाटातील जागा	Non-ghat areas
बिंदुभंग हरिनीकरण	Break point chlorination

भ

भाग प्रतिदशलक्ष	Parts per million
भुयारी गटार योजना	Under ground drainage system
भूगर्भरचना	Geology
भूगर्भस्थ झरा	Under-ground spring
भूतलस्थ झरा	Surface spring
भूप्रस्तर भाग	Topography
भूपृष्ठभागावरील पाणी	Surface water
भूपृष्ठावरील एकूण वर्षास्त्रवण	Total surface run-off
भूस्तर शास्त्रीय	Geological
भूमिगत टाकी	Under-ground reservoir
भूमिगत पाणी	Ground water
भूमिजल पातळी	Ground water table
भूमिशोषण	Absorption
भोवरायुक्त प्रवाह	Eddies

अनुक्रमणिका

भौतिक	Physical
भौतिक गुणधर्म	Physical characteristics
म	
मध्यम पातळी	Medium level
मध्यापासून मध्यापर्यंतचे	Centre to centre
मलमूत्र	Sewage
मलिन जल	Waste water
मागणी रेषा	Demand line
मातीचे गोळे	Mud balls
मात्रा	Dose
मानके	Standards
मिश्रण पाट	Mixing channel
मिथून	Methane
मिट-पडदा	Control valve, stop valve,cut-off valve
मुख्य गटार	Main drain
मुख्य पन्हळ	Main trough
मुक्त अमोनिया	Free ammonia
मुक्त क्लोरिन	Free chlorine
मुक्त द्वार	Waste valve
मूलक	Radicals
मेघबीजन	Seeding clouds
मैलापाणी	Sewage
मोकांश	Free board
मोज-टाकी	Measuring tank
मोजपट्टीयुक्त तरफ	Scale beam
मंदगती गलंतिका	Slow sand filter
मृत भाग	Dead zone
य	
यांत्रिक गालन	Mechanical straining
र	

रचना	Design
रबराचे वळे	Rubber ring
रक्षणांश	Factor of safety
राखीव	Stand-by
रासायनिक	Chemical
रासायनिक गुणधर्म	Chemical properties
रासायनिक शुद्धता	Chemical purity
रेणुभार	Molecular weight
रोग उत्पन्न न करणारे जीवजंतू	Non-pathogenic bacteria
रोगजंतू	Bacteria causing diseases
रोगजंतुमुक्त	Disinfection
रोगजंतु-विनाशके	Disinfectants
रोगजंतु-विनाशन	Disinfection

ल

लघुमंडल	Short circuit
लहरीची लांबी	Wave length

व

वर्गवारी	Classification
वर्तुळाकार वीरक	Circular weir
वलय पद्धत	Ring system
वर्षास्त्रवणांक	Coefficient of run-off
वहमापन	Titration
व्ययकोच दर नियंत्रक	Venturi rate controller
व्युत्क्रम जलाभिसरण	Reverse osmosis
वृक्षवत पद्धत	Tree system
वाताकर्षक पंप	Air lift pump
वाया जाणारे व नासधूस होणारे	Leakage and wastage
वायुमिश्रण	Aeration
वार्षिक साठा	Annual storage
वाहकता	Permeability

वाहकता गुणांक	Permeability coefficient
विखुरलेले	Disturbed
विचालक	Deflector
वितरण उंची	Delivery head
वितरण नळी	Delivery pipe
विद्युत जाळी पृथक्करण पद्धत	Electrical network analyzer method
विद्युत द्विविश्लेषण	Electric-dialysis
विद्युत भार	Electric charge
विद्युत विघटनादी बदल	Electrolytic changes
विद्रुत	Dissolved
विद्रुत अशुद्धे	Dissolved impurities
विनिमय	Exchange
विपरीत जलाभिसरण	Reverse osmosis
विभाग	Zone
विभाजन पद्धत	Fission
विरंजक चूर्ण	Bleaching powder
विवरे	Intake openings
विश्वासपात्र	Reliable
विशिष्ट भाग	Specials
विस्तार-संधि-जोड	Expansion joint
वेगीय उंची घट	Velocity head loss
वेगीय पंप	Velocity pump

श

शास्त्र	Theory
शोषण नलिका	Suction pipe
शोषित ऑक्सिजन	Oxygen absorbed

स

सखल पातळी	Low lying area
समतोल करणारे सरकते वजन	Moving counter weight
समपर्जन्य रेषा	Isohyetal lines

अनुक्रमणिका

समराशी प्रमाण	Direct proportion
समान-नळ-पद्धत	Equivalent pipe method
समानीकरण	Equalisation
समावेश कार्यक्षमता	Overall efficiency
समाहरण	Concentration
सरसासारखा	Gelatinous
सर्वत्र सारखे	Uniformly
सर्वाधिक शक्यता निर्देशांक	Most probable number
संकलित	Cumulative
संकर्षक	Gravitational force
संकर्षक जलदगती गलंतिका	Gravity type rapid filter
संकर्षक पद्धती	Gravity system
संयुक्ते	Compounds
संयोग	Contact
संहारशक्ती	Destructive power
सिंचाई	Irrigation
सुरक्षित उपलब्धता	Safe yield
सूत्र	Formula
सूक्ष्मजंतू	Bacteria
सूक्ष्म जीवजंतु-विरहित	Bacteriological purity, bacteria free
सूक्ष्मता	Fineness
सूक्ष्मदर्शक तपासणी	Microscopic examination
सूक्ष्ममापक झडप	Micrometer valve
सेंद्रिय	Organic

सौर ऊर्ध्वपातन	Solar distillation
स्थलवाचक	Topographical
स्थिरांक	Constant
स्राव्य	Effluent
स्पर्शरेषा	Tangent line

ह

अनुक्रमणिका

हरिनीकरण	Chlorination
हरिनीकरण निरास	Dechlorination
हरिनीकरण निरासकारक	Dechlorination agent
हवामुक्तता झडप	Air release valve
हवेची टाकी	Air chamber
हवेचे बुडबुडे बांधले जाणे	Air binding
हंगामी कठिणता	Temporary hardness
हार्डी क्रॉस पद्धत	Hardy cross method
हितकारक	Wholesome
हिरवी वाळू	Green sand

क्ष

क्षमता	Capacity

अनुक्रमणिका