

অধ্যায় ৩

সলিড ওয়েস্টের বৈশিষ্ট্য ও গঠন

৩.১ সলিড ওয়েস্টের ভৌত বৈশিষ্ট্য (Physical characteristics of solid waste)

সলিড ওয়েস্টের গুরুত্বপূর্ণ ভৌত বৈশিষ্ট্যগুলো হচ্ছে-

ওয়েস্টের গঠন উপাদান

আপেক্ষিক ভর (ঘনত্ব)

আর্দ্রতা

কণার আকার ও বন্টন

ফিল্ড ক্যাপাসিটি

জমাটবদ্ধ ওয়েস্টের ভেদ্যতা

৩.২ সলিড ওয়েস্টের রাসায়নিক বৈশিষ্ট্য (Chemical characteristics of solid waste)

সলিড ওয়েস্টের প্রক্রিয়াজাতকরণ ও সম্পদ পুনরুদ্ধারের জন্য রাসায়নিক বৈশিষ্ট্য মূল্যায়ন করা অত্যন্ত জরুরী। সলিড ওয়েস্ট জ্বালানী হিসেবে ব্যবহারের জন্য নিম্নলিখিত পাঁচটি বৈশিষ্ট্য জানা প্রয়োজন-

১। প্রক্সিমেট বিশ্লেষণ (proximate analysis)

(ক) আর্দ্রতা (moisture)

(খ) উদ্বায়ী পদার্থ (volatile matter)

(গ) ছাই (ash)

(ঘ) আবদ্ধ কার্বন (fixed carbon)

২। ছাইয়ের ফিউসিং পয়েন্ট (fusing point of ash)

৩। আলটিমেট বিশ্লেষণ (ultimate analysis)

৪। তাপীয় মান (heating value)

৫। শক্তির পরিমাণ (energy content)

৩.৩ সলিড ওয়েস্টের পরিমাণ উৎপন্নের হার (Rate of generation of solid waste quantities)

সলিড ওয়েস্টের পরিমাণ উৎপন্নের হার নিম্নলিখিত বিষয়ের উপর নির্ভর করে-

- পরিবারের ধরণ ও আকার
- পরিবারের আয়
- ভৌগলিক অবস্থান
- মানুষের অভ্যাস
- ঋতু
- উপাদানের সহজলভ্যতা
- ওয়েস্টের পুনঃব্যবহার
- ওয়েস্ট ব্যবস্থাপনা সিস্টেম

৩.৪ সলিড ওয়েস্টের গঠন (Solid waste composition)

মিউনিসিপাল সলিড ওয়েস্টের সাধারণ গঠন নীচে দেওয়া হলো -
টেবিল ৩.১: মিউনিসিপাল সলিড ওয়েস্টের সাধারণ গঠন

উপাদান	সীমা (%)	আদর্শ মান (%)
উঠানের ওয়েস্ট	0-10	10
কাঠ	1-3	2
ফুড ওয়েস্ট	5-25	17
কাগজ	10-40	33
কার্ডবোর্ড	3-10	8
প্লাস্টিক	2-8	5
টেক্সটাইল	0-3	2
রাবার	0-1	0.5
বিভিন্ন অর্গানিকস	0-4	2
গ্লাস	4-15	5
টিনের কৌটা	1-7	5
নন-ফেরাস মেটাল	0-1	1
ফেরাস মেটাল	1-3	1
ধূলা, ইট, ছাই ইত্যাদি	0-10	8

৩.৫ মিউনিসিপাল সলিড ওয়েস্টের সাধারণ গঠন (Typical composition of municipal solid waste)

বাংলাদেশের প্রধান প্রধান মিউনিসিপালিটির সলিড ওয়েস্টের গঠন নীচে দেওয়া হলো-

টেবিল ৩.২: বাংলাদেশের মিউনিসিপাল সলিড ওয়েস্টের সাধারণ গঠন (আর্দ্র ভর, %)
এখানে, DCC- ঢাকা সিটি কর্পোরেশন, CCC- চিটাগং সিটি কর্পোরেশন, KCC- খুলনা সিটি কর্পোরেশন, RCC- রাজশাহী সিটি কর্পোরেশন, BCC- বরিশাল সিটি কর্পোরেশন, SCC- সিলেট সিটি কর্পোরেশন।

উপাদান	DCC	CCC	KCC	RCC	BCC	SCC	গড়
ফুড ও ভেজিটেবলস	68.3	73.6	78.9	71.1	81.1	73.8	74.5
কাগজ	10.7	9.9	9.5	8.9	7.2	8.4	9.1
পলিথিন ও প্লাস্টিক	4.3	2.8	3.1	4.0	3.5	3.4	3.5
কাপড় ও কাঠ	2.2	2.1	1.3	1.9	1.9	2.1	1.9

৩.৬ সলিড ওয়েস্টের আর্দ্রতা (Moisture content of solid waste)

সলিড ওয়েস্টের প্রতি একক ভরে যে পরিমান আর্দ্রতা বিদ্যমান তা শতকরা হার দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$$\text{আর্দ্রতা (\%)} = \frac{a - b}{a} \times 100$$

এখানে,

a = নমুনা সলিড ওয়েস্টের ভর

b = শুষ্ক সলিড ওয়েস্টের ভর

নীচের টেবিলে মিউনিসিপাল সলিড ওয়েস্টের বিভিন্ন প্রকার উপাদানের আর্দ্রতা দেওয়া হলো -

টেবিল ৩.৩: মিউনিসিপাল সলিড ওয়েস্টের আর্দ্রতা

উপাদান	আর্দ্রতা	
	সীমা	আদর্শ
ফুড ওয়েস্ট	50-80	70
কাগজ	4-10	6
কার্ডবোর্ড	4-8	5
প্লাস্টিক	1-4	2

টেক্সটাইলস	6-15	10
রাবার	1-4	2
চামড়া	8-12	10
গার্ডেন ড্রিমিংস	30-80	60
কাঠ	15-40	20
বিভিন্ন অর্গানিকস	10-60	25
গ্লাস	1-4	2
টিনের কৌটা	2-4	3
নন-ফেরাস মেটাল	2-4	2
ফেরাস মেটাল	2-6	3
ধূলা, ইট, ছাই ইত্যাদি	6-12	8
মিশ্রিত সলিড ওয়েস্ট	15-40	20

গাণিতিক সমস্যা ১ :

উপাদান	ভর (%)
ফুড ওয়েস্ট	15
কাগজ	45
কার্ডবোর্ড	10
প্লাস্টিক	10
গার্ডেন ড্রিমিংস	10
কাঠ	5
টিনের কৌটা	5

সমাধান : টেবিল ৩.৩ অনুসারে সলিড ওয়েস্টের আর্দ্রতার আদর্শমান পাওয়া যায়।

উপাদান	ভর (%)	আর্দ্রতা (%)	শুষ্ক ভর (%)	শুষ্ক ভর (kg)
ফুড ওয়েস্ট	15		30	4.5
কাগজ	45		94	42.3
কার্ডবোর্ড	10		95	9.5
প্লাস্টিক	10		98	9.8
গার্ডেন ড্রিমিংস	10		40	4.0
কাঠ	5		80	4.0
টিনের কৌটা	5		97	4.9
				সর্বমোট = 79.0

মিশ্রিত সলিড ওয়েস্টের আর্দ্রতা (%)

$$= 100 - 79.0100 \times 100$$

$$= 21.0$$

৩.৭ সলিড ওয়েস্টের ঘনত্ব (Density of solid waste)

সলিড ওয়েস্টের ঘনত্ব ভৌগলিক অবস্থান, ঋতু, সঞ্চয়ের সময় ও সতর্কতার উপর নির্ভর করে। নীচের টেবিলে সলিড ওয়েস্টের বিভিন্ন উপাদান ও মিশ্রণের ঘনত্ব দেওয়া হলো-
টেবিল ৩.৪: সলিড ওয়েস্টের উপাদান ও মিশ্রণের ঘনত্ব

বিষয়	ঘনত্ব, kg/m ³	
	সীমা	আদর্শমান
উপাদান		
ফুড ওয়েস্ট	120-480	290
কাগজ	30-130	85
কার্ডবোর্ড	30-80	50
প্লাস্টিক	30-130	65
টেক্সটাইলস	30-100	65
রাবার	90-200	130
চামড়া	90-260	160
গার্ডেন ট্রিমিংস	60-225	105
কাঠ	120-320	240
বিভিন্ন অর্গানিকস	90-360	240
গ্লাস	160-480	195

টিনের কৌটা	45-160	90
নন-ফেরাস মেটাল	60-240	160
ফেরাস মেটাল	120-1200	320
ধুলা, ছাই, ইট ইত্যাদি	320-960	480
মিউনিসিপাল সলিড ওয়েস্ট		
আন-কম্প্যাক্টেড	90-180	130
কম্প্যাক্টেড	180-450	300
ল্যান্ডফিল এরিয়ায়		
সাধারণ কম্প্যাক্টেড	350-550	475
উত্তম কম্প্যাক্টেড	600-750	600

গাণিতিক সমস্যা ২ :

নিম্নলিখিত 1000 kg সলিড ওয়েস্ট নমুনার ঘনত্ব নির্ণয় কর।

উপাদান	ভর (%)
ফুড ওয়েস্ট	15
কাগজ	45
কার্ডবোর্ড	10
প্লাস্টিক	10
গার্ডেন ড্রিমিংস	10
কাঠ	5
টিনের কৌটা	5

সমাধান :

টেবিল ৩.৪ অনুসারে সলিড ওয়েস্টের উপাদান ঘনত্ব-

মিশ্রিত সলিড ওয়েস্টের ঘনত্ব = $1000 \text{ kg} / 11.07 \text{ m}^3$

$$= 90.33 \text{ kg/m}^3$$

উপাদান	ভর (%)	1000 kg তে ভর, kg	ঘনত্ব (kg/m^3)	আয়তন, $v(\text{m}^3) = \frac{m}{p}$
ফুড ওয়েস্ট	15	150	290	0.52
কাগজ	45	450	85	5.29
কার্ডবোর্ড	10	100	50	2.00
প্লাস্টিক	10	100	65	1.54
গার্ডেন ড্রিমিংস	10	100	105	0.95
কাঠ	5	50	240	0.21
টিনের কৌটা	5	50	90	0.56
				সর্বমোট = 11.07

৩.৮ সলিড ওয়েস্টের প্রক্সিমেট বিশ্লেষণ (Proximate analysis of solid waste)

প্রক্সিমেট বিশ্লেষণের মাধ্যমে প্রধান প্রধান রাসায়নিক প্যারামিটার নির্ণয় করা যায়। সাধারণত প্রক্সিমেট বিশ্লেষণে সলিড ওয়েস্টের যে সকল প্যারামিটার নির্ণয় করা হয়, সেগুলো হচ্ছে- আর্দ্রতা (১০ ঘন্টায় 105°C তাপমাত্রায় যে পরিমাণ আর্দ্রতা হারায়), উদ্বায়ী বস্তু (600° হতে 950°C তাপমাত্রায় পুড়িয়ে), আবদ্ধ কার্বন (না পুড়িয়ে) ও ছাই। মিউনিসিপাল সলিড ওয়েস্টের প্রক্সিমেট বিশ্লেষণ নীচে দেওয়া হলো-
টেবিল ৩.৫: মিউনিসিপাল সলিড ওয়েস্টের প্রক্সিমেট বিশ্লেষণ।

প্যারামিটার	ভরের শতকরা হার	
	সীমা kg/m^3	আদর্শ kg/m^3
উদ্বায়ী বস্তু	30-60	50
আবদ্ধ কার্বন	5-10	8
আর্দ্রতা	10-45	25
ছাই	10-30	25

৩.৯ সলিড ওয়েস্টের আল্টিমেট বিশ্লেষণ (Ultimate analysis of solid waste)

আল্টিমেট বিশ্লেষণের মাধ্যমে রাসায়নিক গঠন উপাদান নির্ণয় করা হয়। আল্টিমেট বিশ্লেষণে সলিড ওয়েস্টের যে সকল উপাদান নির্ণয় করা হয় সেগুলো হচ্ছে কার্বন (C), হাইড্রোজেন (H), অক্সিজেন (O), নাইট্রোজেন (N), সালফার (S) ও ছাই। মিউনিসিপাল সলিড ওয়েস্টের আল্টিমেট বিশ্লেষণ নীচে দেওয়া হলো -

টেবিল ৩.৬: মিউনিসিপাল সলিড ওয়েস্ট আল্টিমেট বিশ্লেষণ

ওয়েস্টের ধরণ	শুষ্ক ভরের শতকরা হার					
	C	H	O	N	S	QvB
উঠানের ওয়েস্ট	48	6	38	3	0.3	4.7
কাঠ	50	6	43	0.2	0.1	0.7
ফুড ওয়েস্ট	50	6	38	3	0.4	2.6
কাগজ	44	6	44	0.3	0.2	5.5
কার্ডবোর্ড	44	6	44	0.3	0.2	5.5

প্লাস্টিক	60	7	23	-	-	10
টেক্সটাইল	56	7	30	5	0.2	1.8
রাবার	76	10	-	2	-	12
চামড়া	60	9	12	10	0.4	8.6
বিভিন্ন অর্গানিকস	49	6	38	2	0.3	4.7
ধূলা, ছাই, ইট ইত্যাদি	25	3	1	0.5	0.2	70.3

৩.১০ সলিড ওয়েস্টের রাসায়নিক উপাদান (Chemical content of solid waste)

আল্টিমেট বিশ্লেষণের মাধ্যমে মিউনিসিপাল সলিড ওয়েস্টের রাসায়নিক উপাদান নির্ণয় করা হয়। যদি এনার্জি ভ্যালু না পাওয়া যায় তবে পরিবর্তিত ডুলং সূত্র ব্যবহার করা হয়। সূত্রটি নিম্নরূপ-

$$\text{KJ/kg} = 337C + 1428 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 95$$

এখানে,

C = কার্বন %

H = হাইড্রোজেন %

O = অক্সিজেন %

S = সালফার %

৩.১১ সলিড ওয়েস্টের এনার্জি (Energy Content in solid waste)

শুষ্ক ভিত্তিতে সলিড ওয়েস্টের এনার্জি নিম্নের সমীকরণ হতে পাওয়া যায়-
 $KJ/kg \text{ (শুষ্ক ভিত্তি)} = KJ/Kg \text{ (পরিত্যক্ত)} 100100 - \% \text{ আর্দ্রতা}$

ছাই মুক্ত শুষ্ক ভিত্তিতে সলিড ওয়েস্টের এনার্জি নিম্নের সমীকরণ হতে পাওয়া যায়-

$KJ/Kg \text{ (ছাইমুক্ত শুষ্ক ভিত্তি)} = KJ/Kg \text{ (পরিত্যক্ত)} 100100 - \% \text{ ছাই} - \% \text{ আর্দ্রতা}$

মিউনিসিপাল সলিড ওয়েস্টের এনার্জি ও নিষ্ক্রিয় অবশেষের পরিমাণ নীচে দেওয়া হলো-

টেবিল ৩.৭: মিউনিসিপাল সলিড ওয়েস্টের এনার্জি ও নিষ্ক্রিয় অবশেষ

ওয়েস্টের ধরণ	পুড়ানোর পর নিষ্ক্রিয় অবশেষ ভরের শতকরা হার		এনার্জি, KJ/Kg	
	সীমা	আদর্শ	সীমা	আদর্শ
ফুড ওয়েস্ট	2-8	5	3500-7000	4650
কাগজ	4-8	6	11600-18600	16750
কার্ডবোর্ড	3-6	5	13950-17450	16300

প্লাস্টিক	6-20	10	27900-37200	32600
টেক্সটাইলস	2-4	2.5	15100-18600	17450
রাবার	8-20	10	20900-27900	23250
চামড়া	8-20	10	15100-19800	17450
গার্ডেন ড্রিমিংস	2-6	4.5	2300-18600	6500
কাঠ	0.6-2	1.5	17450-19800	18600
বিভিন্ন অর্গানিকস	2-8	6	11000-26000	18000
গ্লাস	96-99	98	100-250	150
টিনের কৌটা	96-99	98	250-1200	700
নন-ফেরাস মেটাল	90-99	96	-	-
ফেরাস মেটাল	94-99	98	250-1200	700
ধুলা, ছাই, ইট ইত্যাদি	60-80	70	2300-11650	7000
মিউনিসিপাল সলিড ওয়েস্ট			9300-12800	10500

গানিতিক সমস্যা ৩ :

নিম্নের সলিড ওয়েস্ট নমুনার এনার্জি নির্ণয় কর।

শুষ্ক ভিত্তি ও ছাই মুক্ত শুষ্ক ভিত্তিতে এনার্জি কত হবে?

উপাদান	ভর (%)
ফুড ওয়েস্ট	15
কাগজ	45
কার্ডবোর্ড	10
প্লাস্টিক	10
গার্ডেন ড্রিমিংস	10
কাঠ	5
টিনের কৌটা	5

সমাধানঃ

টেবিল ৩.৭ অনুসারে আমরা পাই,

উপাদান	ভর, (%)	এনার্জি KJ/kg	মোট এনার্জি, KJ (ভর × এনার্জি)
ফুড ওয়েস্ট	15	4650	69750
কাগজ	45	16750	753750
কার্ডবোর্ড	10	16300	163000
প্লাস্টিক	10	32600	326000
গার্ডেন ড্রিমিংস	10	6500	65000
কাঠ	5	18600	93000
টিনের কৌটা	5	700	3500
সর্বমোট	= 100		= 1474000

$$\text{এনার্জি পরিমাণ} = \frac{1474000\text{kJ}}{100\text{kg}} = 14740 \text{ kJ/kg}$$

আমরা জানি,

সলিড ওয়েস্টের আর্দ্রতা ২১.০% (গাণিতিক সমস্যা-১ হতে প্রাপ্ত)

তাহলে, শুষ্ক ভিত্তিতে এনার্জি হবে,

$$\text{KJ/kg (শুষ্ক ভিত্তি)} = 14740 \frac{100}{100-21} = 18658$$

আবার, আমরা জানি,

সলিড ওয়েস্টের ছাই ৫% (টেবিল ৩.১ অনুযায়ী)

ছাইমুক্ত শুষ্ক ভিত্তিতে এনার্জি হবে, KJ/kg (ছাইমুক্ত শুষ্ক ভিত্তি) =

$$14740 \frac{100}{100-5-21} = 19919$$